



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

**HODNOCENÍ KONSTRUKČNÍCH DETAILŮ BUDOV  
Z POHLEDU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI**

CONSTRUCTION DETAILS OF BUILDINGS EVALUATION FROM ENERGY DEMAND POINT  
OF VIEW

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Bc. Milan Císař

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. PAVEL ADAM, Ph.D.

**BRNO 2018**






## VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ


Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

### ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Milan Císař
Název	Hodnocení konstrukčních detailů budov z pohledu energetické náročnosti
Vedoucí práce	Ing. Pavel Adam, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018
V Brně dne 31. 3. 2017	

  
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu



  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhlášky, normy), pro navrhování technických zařízení a staveb.

Obsah a uspořádání práce bude dle směrnice FAST, tj. následovně:

- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné),
- g) obsah,
- h) úvod,
- i) vlastní text práce, tj.:
  - A. Teoretická část
    - literární rešerše ze zadaného tématu (vliv bodových, a lineárních, činitelů na en. náročnost budov);
    - cíle práce;
    - zvolené metody řešení.

### B. Výpočtová část:

- energetické hodnocení rodinného domu s velmi nízkou energetickou náročností (pozn. při hodnocení bude využito metod, a postupů, kladených na energetický audit, dle vyhlášky 480/2012 Sb.);
- průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky 78/2013 Sb.;

### C. Aplikace výpočetní techniky:

- poč. modelování konstrukčních detailů budov a vyhodnocení jejich vlivu na energetickou náročnost, a to v rozsahu min. konstrukčních detailů zadaného rodinného domu; porovnání výsledků z různých poč.programů;
- poč. modelování výrazných tepelných mostů, nacházejících se běžně u rekonstrukcí (zateplení) stávajících budov, tj. nezateplený sokl, zateplení stropu půdy, ostění bez tepelné izolace, a jejich vliv na en. náročnost budov;
- experimentální měření konstrukčních detailů budov, a porovnání s počítačovým modelováním;
- dynamické modelování zadaného RD porovnání výsledků s výsledky z Průkazu en. náročnosti budovy, vyhodnocení chování budovy v průběhu roku, příp. návrh úsporných opatření

### j) závěr (formulace závěrů, a doporučení, pro praxi, získaným výše uvedenými výpočty),

- k) seznam použitých zdrojů,
- l) seznam použitých zkratk a symbolů,
- m) seznam příloh,
- n) přílohy – výkresy

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



---

Ing. Pavel Adam, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce



## ABSTRAKT

Teoretická část této diplomové práce se zabývá problematikou tepelných mostů a tepelných vazeb ve stavebních konstrukcích. Výpočtová část je zaměřena na rodinné domy s nízkou potřebou tepla na vytápění. Výsledkem této části je hodnocení rodinného domu z pohledu energetické a finanční náročnosti. Poslední část se zabývá využitím počítačových technologií ve stavební praxi. Tyto kapitoly se věnují počítačovému modelování stavebních detailů pasivního a rodinného domu po rekonstrukci (u rodinného domu po rekonstrukci jsou data porovnávána s výsledky z experimentálního měření). Poslední úsek této diplomové práce řeší dynamické modelování zadaného pasivního domu v simulačním programu *Trnsys*.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Tepelný most, tepelná vazba, dům s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění, stavební detail, lineární činitel prostupu tepla, součinitel prostupu tepla, tepelné čerpadlo.

## ABSTRACT

Theoretical part of Diploma thesis deals with issues about thermal bridges and thermal connections in building structures. The Calculating part focused on the family houses with a low heat use. The results of this part are energy and financial evaluations of family house. The last part deals with the using of computer technology in engineering practice. These chapters devote about computer modeling an assembly details of passive house and family house after reconstruction (the dates of family house after reconstruction are compared with the results from experimental measurements). The last section of this Diploma thesis solves dynamic modelling of particular passive house in simulation program called *Trnsys*.

## KEY WORDS

Thermal bridge, thermal connection, passive house, assembly detail, linear thermal transmittance, heat transfer coefficient, heat pump.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Milan Císař *Hodnocení konstrukčních detailů budov z pohledu energetické náročnosti*. Brno, 2018. 151 s., 276 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Pavel Adam, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2018

.....

autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlovi Adamovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou, odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 12. 1. 2018

.....  
autor práce

# Obsah

ÚVOD.....	11
<b>A. Teoretická část.....</b>	<b>13</b>
1. Úvod do problematiky tepelných mostů .....	14
1.1 Použité pojmy a definice .....	14
1.2 Tepelné mosty.....	16
1.2.1 Vliv tepelných mostů na kvalitu stavby .....	17
1.2.2 Lokalizace tepelných mostů .....	19
1.2.3 Mýty a fakta při optimalizování tepelných mostů .....	20
1.2.4 Okrajové podmínky pro vyhodnocení tepelných mostů.....	21
1.3 Geometrie stavebních detailů .....	29
1.3.1 Řezové roviny dvourozměrných modelů.....	30
1.3.2 Geometrie modelů stavebních konstrukcí umístěných v zemině .....	31
1.3.3 Zjednodušení geometrického modelu.....	33
1.4 Aplikovatelnost výsledků a jejich přesnost .....	36
2. Tepelné vazby.....	38
2.1 Rozdělení tepelných vazeb .....	39
2.1.1 Požadavky na lineární a bodový činitel prostupu tepla .....	39
2.1.2 Výpočet lineárního a bodového činitele prostupu tepla .....	41
2.1.3 Speciální případ výpočtu lineárního činitele prostupu tepla .....	42
2.1.4 Měrná ztráta prostupem tepla se zahrnutím vlivu tepelných vazeb.....	44
2.1.5 Vliv tepelných vazeb na stavební tepelně – technické výpočty .....	45
<b>B. Výpočtová část .....</b>	<b>46</b>
3. Energetické hodnocení rodinného domu dle vyhlášky 78/2013 Sb. ....	47
3.1 Lokalizace, zónování a technická charakteristika objektu .....	47
3.2 Průkaz energetické náročnosti budovy, protokol a skladby konstrukcí .....	51

4.	Použití metod aplikovaných v energetickém auditu na zadaném rodinném domě ...	72
4.1	Výchozí a skutečný stav objektu .....	72
4.2	Roční náklady na provoz TZB systémů.....	78
4.3	Návratnost investice skutečného provedení objektu.....	82
4.4	Návratnost investice jednotlivých energetických opatření .....	84
<b>C.</b>	<b>Aplikace výpočetní techniky .....</b>	<b>85</b>
5.	Počítačové modelování konstrukčních detailů zadaného rodinného domu.....	86
5.1	Výpočet lineárních činitelů prostupu tepla stavebních detailů .....	87
5.2	Ukázka protokolů s výsledky z počítačového programu Calculation Area.....	97
6.	Modelace stavebních detailů vyskytujících se u rekonstruovaných objektů.....	109
6.1	Nezateplená vnější stěna z keramických tvarovek .....	110
6.2	Vnější stěna s nezatepleným soklem .....	116
6.3	Strop pod nevytápěnou půdou .....	123
6.4	Nezateplené ostění zdvojeného okna.....	128
7.	Dynamické modelování rodinného domu .....	132
7.1	Stavební model objektu v aplikaci TRNBuild.....	132
7.2	Technický model objektu v aplikaci Simulation Studio.....	134
7.3	Posouzení zóny na teplotu vnitřního vzduchu v letním období.....	138
8.	Závěr.....	143
	Seznam použitých zdrojů .....	145
	Seznam použitých symbolů.....	149
	Seznam použitých zkratk.....	150
9.	Přílohy .....	152
	Seznam příloh diplomové práce.....	152

# ÚVOD

V teoretické části této diplomové práce se problematika zabývá tepelnými mosty ve stavebních konstrukcích. Vliv tepelných mostů na výslednou kvalitu stavby je zcela patrný, a to jak z hlediska hygienického, energetického nebo ekonomického. Dále se tato část zabývá okrajovými podmínkami potřebnými k evaluaci tepelných mostů podle platné české legislativy a je zde taktéž část zaměřená na základy stavební fyziky. Pasáž věnující se tepelným mostům je zakončena tematikou geometrie stavebních detailů a aplikovatelností výsledků vyhodnocených stavebních detailů podle různých metod. Jedna z posledních částí teoretické části je věnována tepelným vazbám. V těchto kapitolách se čtenář dozví nejdůležitější aspekty lineárního činitele prostupu tepla, jakožto jsou jeho výpočet, hodnocení či ukázka speciálního případu výpočtu lineárního činitele prostupu tepla. Závěr teoretické části popisuje zařazení lineárních činitelů prostupu tepla do celkové bilance měrné tepelné ztráty prostupem.

Výpočtová část této diplomové práce je zaměřena na energetické hodnocení rodinného domu s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění. V první fázi je zpracováno energetické hodnocení zadaného rodinného domu dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., jejímž výstupem je Průkaz energetické náročnosti budovy. Další úsek výpočtové části se zabývá aplikací metod používaných v energetickém auditu na zadaném rodinném domě. Smyslem těchto kapitol je porovnání různých variant realizace rodinného domu a jejich následné vyhodnocení z hlediska energetické a finanční náročnosti. Velmi přínosnými výsledky těchto kapitol jsou vypočtené doby návratností vložených investic do jednotlivých variant, a to zejména u těch variant, kde jsou počáteční investice pozitivně ovlivněny dotacemi z programu *Nová zelená úsporám*.



Poslední část této diplomové práce je zpracována se zřetelem na využití výpočetní techniky. V první fázi jsou namodelovány a vyhodnoceny konstrukční detaily zadaného rodinného domu v programech *Calculation Area (CalA)*, *Area 2017* a *Cube 3D*. Výstupem každého takto vytvořeného detailu je kompletní protokol s vypočtenými daty a celkový lineární činitel prostupu tepla stavebního detailu. Pro účely porovnání vypočtených dat byly vybrané stavební detaily provedeny ve více počítačových programech. Výstupem těchto počítačově vytvořených stavebních detailů je celková přírážka zahrnující vliv tepelných vazeb  $\Delta U_{em}$  [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ] a její porovnání s normovou hodnotou.

Druhá část se zabývá modelací stavebních detailů vyskytujících se běžně u rekonstruovaných objektů a jejich zařazení z hlediska energetické náročnosti. Princip evaluace stavebního detailu spočívá v tom, že je porovnán součinitel prostupu tepla získaný z experimentálního měření, z programu *Tepelný výkon* a vypočtený z programu *Calculation Area (CalA)*. Pro účely porovnání naměřených a vypočtených povrchových teplot na straně interiéru v průběhu času, byl u každého stavebního detailu proveden řízený nestacionární výpočet v programu *CalA* s hodnotami teplot, naměřenými z experimentálního měření v jednotlivých krocích. Smyslem tedy tohoto porovnání je zjištění odchylek v hodnotách povrchových teplot získaných z měření a zjištěných pomocí počítačového programu *CalA*.

Třetí, poslední část zabývající se aplikací výpočetní techniky, se věnuje dynamickému modelování zadaného rodinného domu s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění (tentýž dům, který je hodnocen ve výpočtové části). Dynamické modelování je provedeno pomocí počítačového programu *Trnsys (Transient System Simulation Tool)*. Výstupem dynamického modelování rodinného domu je porovnání výsledků získaných ve výpočtové části této diplomové práci.

## **A. Teoretická část**



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

**HODNOCENÍ KONSTRUKČNÍCH DETAILŮ BUDOV  
Z POHLEDU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI**

CONSTRUCTION DETAILS OF BUILDINGS EVALUATION FROM ENERGY DEMAND  
POINT OF VIEW

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**A – TEORETICKÁ ČÁST**

A – THEORETICAL PART

# 1. Úvod do problematiky tepelných mostů

V teoretické části bych rád zmínil vliv a důležitost samotného řešení tepelných mostů a tepelných vazeb v energetickém hodnocení budov (EHB). V dnešní době se již staly běžnou částí při optimalizaci energetických nároků na budovy. Hlavními příčinami tohoto trendu jsou nepředvídatelné růsty cen energií, či uvědomění si vyčerpatelnosti energetických zdrojů. Se zvyšujícími se nároky na tepelné odpory stavebních konstrukcí vzrůstá význam tepelných mostů, popřípadě tepelných vazeb. Tyto detaily stavebních konstrukcí nemohou být při výpočtech tepelných ztrát zanedbány, jelikož mohou tvořit i polovinu celkové potřeby tepla na vytápění objektu [1].

Tepelnou vazbu lze charakterizovat jako speciální případ tepelného mostu. Abychom mohli tedy správně pochopit význam tepelných vazeb, musíme v první řadě porozumět vlivu tepelných mostů ve stavebních konstrukcích. Bližší definice jednotlivých pojmů je v následující kapitole.

## 1.1 Použité pojmy a definice

Termíny použité v této práci jsou přesně definované normami ČSN 73 0540-1 [2], ČSN 73 0540-3 [3], ČSN 73 0540-4 [4], ČSN EN ISO 10 211 [5] a ČSN EN ISO 14 683 [6].

Přehled použitých pojmů a jejich význam:

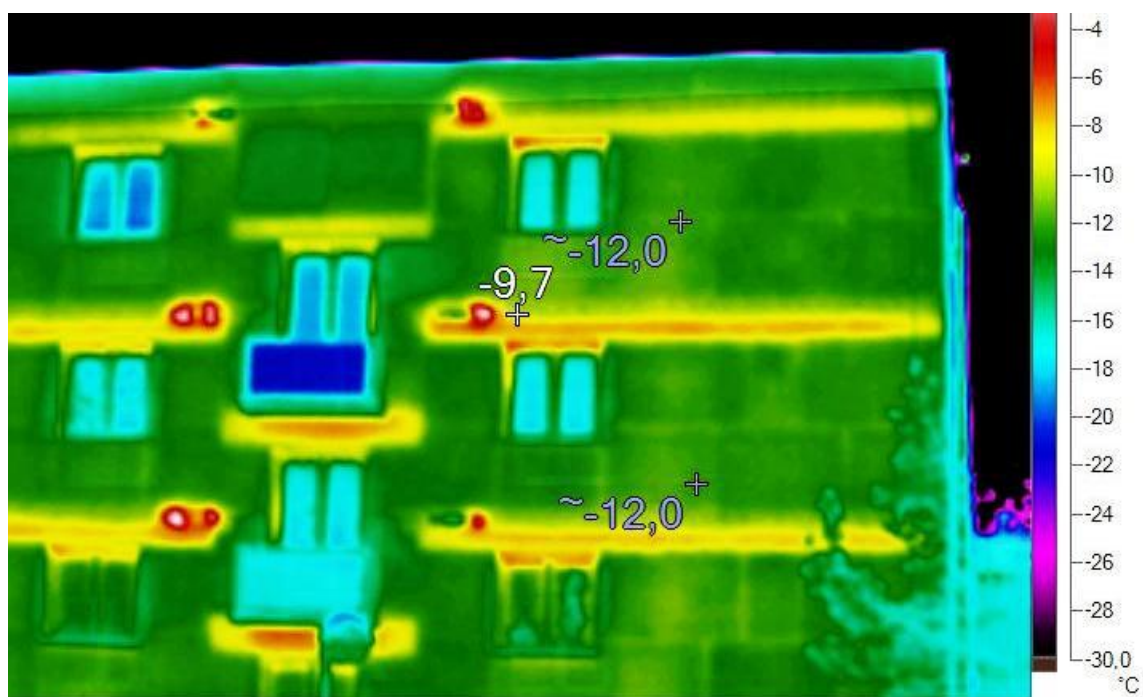
- **šíření tepla:** přenos energie vedením, prouděním, nebo sáláním, nebo jejich vzájemnou kombinací;
- **tepelný most:** část dané stavební konstrukce, kde se její tepelný odpor místně významně mění:
  - úplným, nebo částečným, průnikem stavební konstrukce, nebo vrstvy materiálu, s odlišnou tepelnou vodivostí (konstrukce je tepelně nestejnorodá), nebo stavební konstrukce obsahuje alespoň jednu nestejnorodou vrstvu;
  - změnou tloušťek vrstev stavební konstrukce;
  - rozdílem mezi vnitřními, a vnějšími, plochami stavební konstrukce, např. vyztuženými žebry.
- **lineární tepelný most:** tepelný most (tepelná vazba) se shodnými řezy v jednom směru;

- **bodový tepelný most:** tepelný most (tepelná vazba) bez shodných řezů v libovolném směru;
- **tepelná vazba:** rozhraní mezi dvěma, a více konstrukcemi, kde tepelný tok v konstrukcích je významně změněn jejich vzájemným působením (tepelně nestejnorodá oblast). Jde o zvláštní případ tepelného mostu, odlišný od ostatních svou nepřiraditelností k jediné konstrukci a svým působením až v rámci celého obvodového pláště budovy vnímaného jako systém obvodových konstrukcí se vzájemnými systémovými tepelnými vazbami;
- **tepelný tok:** množství tepla, které proudí do nebo ze systému (prostoru) za jednotku času, zahrnuje všechny složky šíření tepla;
- **hustota tepelného toku:** podíl tepelného toku a příslušné plochy, kterou tepelný tok ve směru normály prostupuje;
- **lineární tepelná propustnost:** schopnost stejnorodé vrstvy materiálu nebo stavební konstrukce dané tloušťky, podél které je lineární hustota tepelného toku stálá, šířit teplo;
- **součinitel tepelné vodivosti:** schopnost stejnorodého, izotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo;
- **měrná tepelná kapacita:** množství tepelné energie, kterou je třeba dodat při stálém tlaku, vzorku materiálu o definované vlhkosti a hmotnosti 1 kg, aby se jeho teplota zvýšila o 1 K;
- **lineární činitel prostupu tepla:** vliv lineárního tepelného mostu na lineární tepelnou propustnost  $L^{2D}$ , je přídavným tepelným tokem charakterizujícím vliv lineárního tepelného mostu délky  $l$  na tepelnou vodivost – lineární tepelnou propustnost;
- **bodový činitel prostupu tepla:** podíl vlivu bodového tepelného mostu na tepelnou propustnost  $L^{3D}$ , je přídavným tepelným tokem charakterizujícím vliv bodového tepelného mostu na plošnou tepelnou propustnost;
- **měrná tepelná ztráta:** celkové množství tepla odvedeného z vytápěného vnitřního prostředí s konstantní teplotou při ustáleném teplotním stavu do venkovního prostředí při rozdílu teplot 1 K.

## 1.2 Tepelné mosty

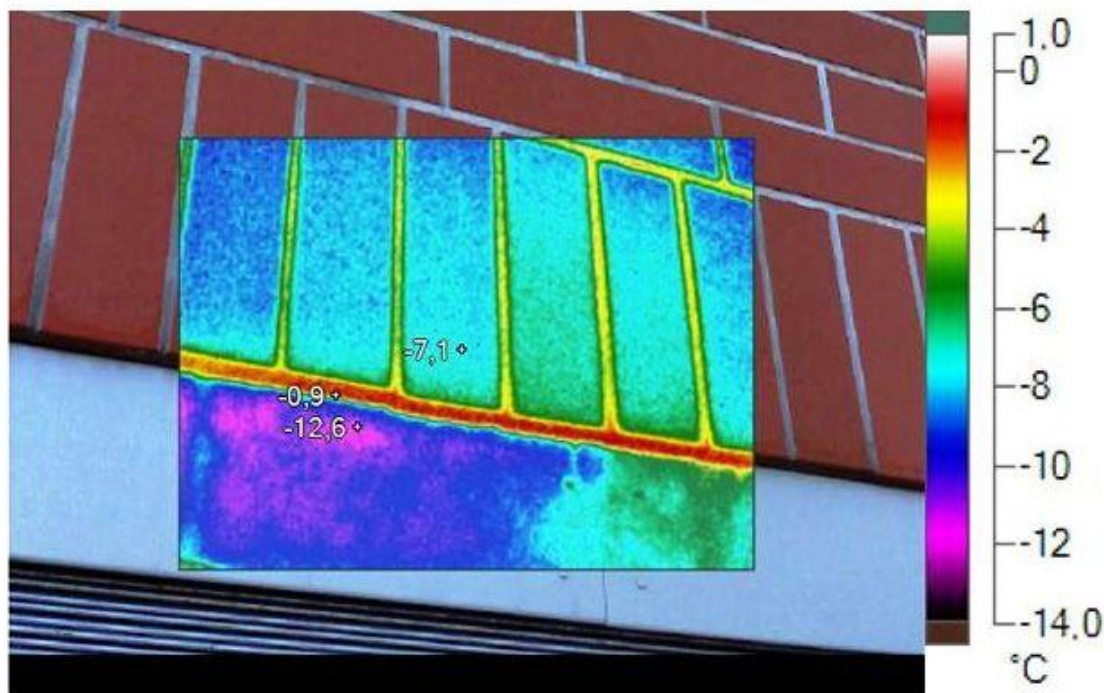
Tepelný most je oblast ve stavební konstrukci, kde dochází k vícerozměrné tepelné ztrátě. Takto vzniklá ztráta může být zapříčiněna třemi typy přenosu tepla – vedením, prouděním a sáláním [7]. Lépe řečeno se jedná o místo ve stavební konstrukci, kde dochází k vyšším tepelným tokům, než je tomu v bezprostředním okolí tohoto kritického úseku.

Ve stavebních konstrukcích pozorujeme dva hlavní typy tepelných mostů – nahodilé a systematické [8]. Nahodilé tepelné mosty jsou charakterizovány tím, že se v dané konstrukci pravidelně neopakují. Pod těmito konstrukcemi si můžeme představit například ztužující věnce stropů (zřetelný tepelný tok z interiéru budovy v úrovni věnce stopu můžeme pozorovat na *obr. 1*), průchody konstrukcemi (komín jdoucí skrze střechu), nepravidelně promaltované spáry cihel, niky pro umístění vodoměrů či elektroměrů nebo také i konzoly zábradlí připevněné ke konstrukci balkónu.



*Obr. 1 – Nahodilý tepelný most v místě ztužujícího věnce konstrukce stropu [9]*

Mezi systematické tepelné mosty řadíme například hmoždinky připevňující tepelnou izolaci k obvodovým stěnám, krokve střechy umístěné mezi tepelnou izolací nebo i pravidelně promaltované ložné či styčné spáry zdiva (obr. 2).



Obr. 2 – Systematický tepelný most pravidelně promaltovaných styčných a ložných spár obvodového zdiva budovy [10]

### 1.2.1 Vliv tepelných mostů na kvalitu stavby

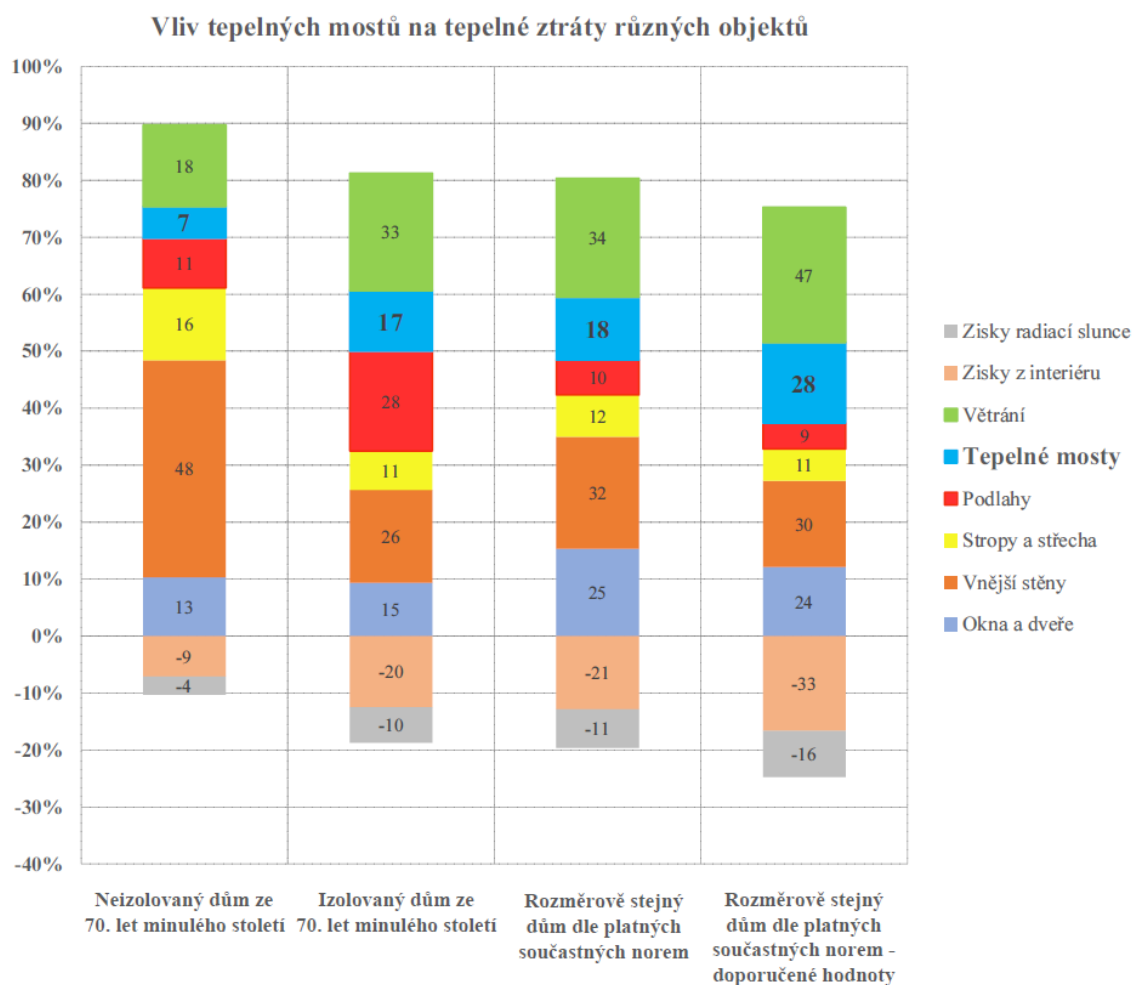
Vliv tepelných mostů na celkovou kvalitu stavby je neoddiskutovatelný, a to jak z hlediska hygienického, energetického, tak ekonomického. Již z mé krátké stavební praxe jsem bohužel zjistil, že projektová příprava kritických detailů budovy je zcela tristní.

Tepelné mosty jsou i v dnešní době relativně neznámé odvětví stavebnictví a málokdo je v rámci přípravy stavební dokumentace řeší. Vezmeme-li v úvahu, že problematika tepelných mostů je v projektové dokumentaci většinou zcela zanedbaná a problém se pak většinou neřeší ani při realizaci budovy, vychází nám fakt, že celková kvalita stavby nebude zcela ideální [1].

Tepelný most z hygienické stránky je nepříjemný, protože na chladnějších površích v interiéru může kondenzovat vodní pára, nebo zde může stoupnout relativní vlhkost nad hodnotu 80 %, což má za následek vznik a růst plísní [11]. Plísně jsou

zdrojem alergenů, které mohou způsobovat dýchací problémy, a dokonce mohou i za vznik astmatu či dalších dýchacích obtíží [12]. O ekonomickém hledisku snad ani není potřeba mluvit, jelikož veškeré stavební úpravy a jiné způsoby zamezení tepelných mostů, mohou výrazně zasáhnout rozpočet investora, a to zejména u již zrealizované budovy.

Z energetického ohledu je vliv tepelných mostů zřetelný na procentuálním vyjádření tepelných ztrát jednotlivými konstrukcemi obytné budovy (*graf 1*). První sloupec grafu představuje procentuální tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi typického domu ze 70. let minulého století, druhý pak tentýž dům s dodatečným zateplením, třetí sloupec reprezentuje rozměrově stejný dům provedený dle současných norem a poslední sloupec poukazuje opět na stejný dům, ale zrealizovaný dle doporučených normových hodnot současných tepelně – technických norem [11].



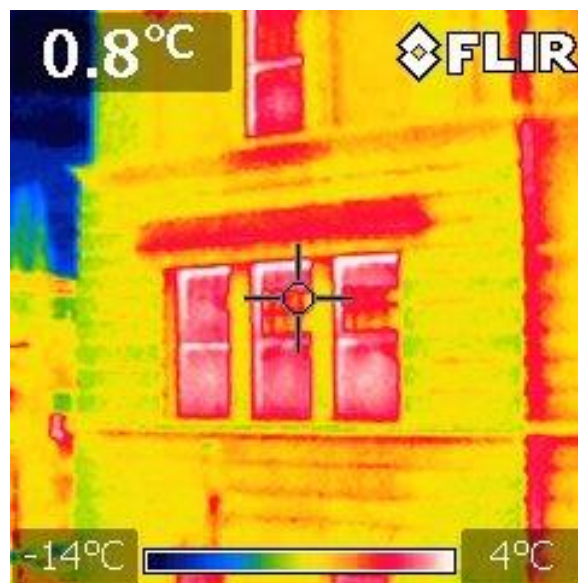
*Graf 1 - Vliv tepelných mostů na tepelné ztráty různých objektů*



Z grafu je na první pohled patrný vzrůstající vliv tepelných mostů s ohledem na zlepšující se izolační vlastnosti jednotlivých budov. Z prvního sloupce grafu tedy můžeme vyčíst, že tepelné ztráty důsledkem tepelných mostů tvoří 7 % z celkové hodnoty tepelných ztrát. Naopak z posledního sloupce grafu můžeme vyhodnotit podíl tepelných mostů na hodnotu 28 %. Tento nezanedbatelný vliv tepelných mostů u nových budov je zapříčiněn zejména vzrůstajícími tepelně izolačními vlastnostmi nových budov. Ty jsou dnes konstruovány z velice kvalitních materiálů o nízkém součiniteli tepelné vodivosti.

### 1.2.2 Lokalizace tepelných mostů

Stavební dílo bez jediného tepelného mostu takřka neexistuje, ale snahou by mělo být snížení tepelných mostů na minimum. Lokalizaci tepelných mostů můžeme provádět jak při návrhu stavby, tak i při její výstavbě nebo i po uvedení do provozu. Neidentifikujeme-li místo tepelného mostu, mohou vznikat v interiéru nežádoucí plísňe, jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole. K nejběžnějšímu způsobu identifikace tepelného mostu slouží termovizní snímkování hodnocené budovy. Snímkování se provádí pomocí termokamer, které odhalí místa v konstrukcích budovy, kudy uniká teplo (lokalizace místa s vyšším tepelným tokem z interiéru do exteriéru) – respektive tepelné mosty, které nejsou pouhým okem viditelné. Termovizí taktéž můžeme zjistit skutečný tepelně – izolační stav budovy, který ne vždy může odpovídat stavební dokumentaci daného objektu. U již zrealizovaných budov mohou termovizní snímky posloužit jako velmi dobrý podklad pro projekt rekonstrukce nebo mohou být použity ke kontrole kvality stavebních prací [14]. U této kapitoly bych se rád zaměřil i na použitelnost termovizních snímků a jejich relevantnost. Jestliže například použijeme termokameru o rozlišení  $160 \times 120$  bodů a analyzujeme polovinu rodinného domu, je velikost snímaného místa přibližně 6 metrů. Jeden bod pak tedy zaznamenává teplotu z plochy o velikosti  $40 \times 40$  mm. Tato skutečnost může následně znamenat příliš velkou chybu měření pro mnoho typů tepelných mostů v konstrukci [1]. Na *obr. 3* můžeme pozorovat lokalizaci nejběžnějšího tepelného mostu, který se vyskytuje ve stavebnictví – nadpraží okenního otvoru budovy Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně – budova Z.



*Obr. 3 – Tepelný most v místě nadpraží okenního otvoru*

### **1.2.3 Mýty a fakta při optimalizování tepelných mostů**

Rád bych v této kapitole zmínil skutečnost, na níž jsem narazil při studování této problematiky. Jak se nejefektivněji se zbavit tepelného mostu? Jako nejběžnější způsob se nabízí vložení tepelného izolantu z vnější strany k danému kritickému místu. Při hledání zdrojů k mé práci jsem brouzдал mezi záplavou užitečných rad a doporučeními od zkušených odborníků na téma zateplování. Avšak mezi těmito informacemi se objevily i nepravdivé a zcela zkreslující názory na skutečný stav věci. Mezi širší veřejností panuje fáma, že zateplením domu zdi přestanou „dýchat“ a v domě se objeví plíseň. Toto tvrzení je zcela proti duchu zateplování, kdy správným provedením tepelné izolace vnějších stěn se plíseň z domu odstraní.

Objeví-li se plíseň po zateplení objektu není to zpravidla způsobeno právě realizací tepelného izolantu vnější stěny, ale výměnou oken a dveří. Nové výplně otvorů mají oproti starým typům až desetkrát vyšší těsnost mezi rámem a křídlem. To samozřejmě ovlivní stálou výměnu vzduchu mezi interiérem a exteriérem budovy, než tomu bylo u starších typů výplní. Pokud si uživatelé takto zrekonstruovaných budov neosvojí nový, proti minulosti odlišný režim větrání bytů, dochází k nárůstu relativní vlhkosti vnitřního vzduchu a ke vzniku plísní [13]. Tento případný vznik plísní nehrozí ani tak na zateplených konstrukcích, jako na případných tepelných mostech (např. na nekvalitním napojení tepelného izolantu na rám okna), případně na nezateplených konstrukcích.

## 1.2.4 Okrajové podmínky pro vyhodnocení tepelných mostů

Vyhodnocení tepelných mostů se v České republice provádí dle platných technických norem. Mezi ty nejvýznamnější patří norma ČSN 73 0540 *Tepelná ochrana budov*, část 1–4, jelikož jsou zde stanoveny veškeré tepelně–technické požadavky na stavební konstrukce, tedy i na vliv tepelných mostů a tepelných vazeb. Z pohledu výpočtových metod jsou klíčové normy ČSN EN ISO 10 211 *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Tepelné toky a povrchové teploty – Podrobné výpočty* a ČSN EN ISO 14 683 *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla – Zjednodušené metody a orientační hodnoty*.

Před hodnocením tepelného mostu musíme znát výchozí údaje o stavebních konstrukcích a okrajových podmínkách, se kterými ve výpočtech (popř. při modelování detailů) budeme uvažovat.

Mezi hlavní vstupní parametry patří:

- **součinitelé přestupu tepla, respektive tepelné odpory při přestupu tepla**

a) součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce je definován vztahem:

$$\alpha_{si} = \frac{q}{\vartheta_{ai} - \vartheta_{si}} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

kde  $q$  hustota tepelného toku [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ];  
 $\vartheta_{ai}$  teplota vnitřního vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ];  
 $\vartheta_{si}$  vnitřní povrchová teplota konstrukce [ $^{\circ}\text{C}$ ].

b) součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce je definován vztahem:

$$\alpha_{se} = \frac{q}{\vartheta_{se} - \vartheta_e} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

kde  $q$  hustota tepelného toku [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ];  
 $\vartheta_{se}$  vnější povrchová teplota konstrukce [ $^{\circ}\text{C}$ ];  
 $\vartheta_e$  teplota venkovního vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ].

c) tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce je definován vztahem:

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_{si}} \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

d) tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce je definován vztahem:

$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_{se}} \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

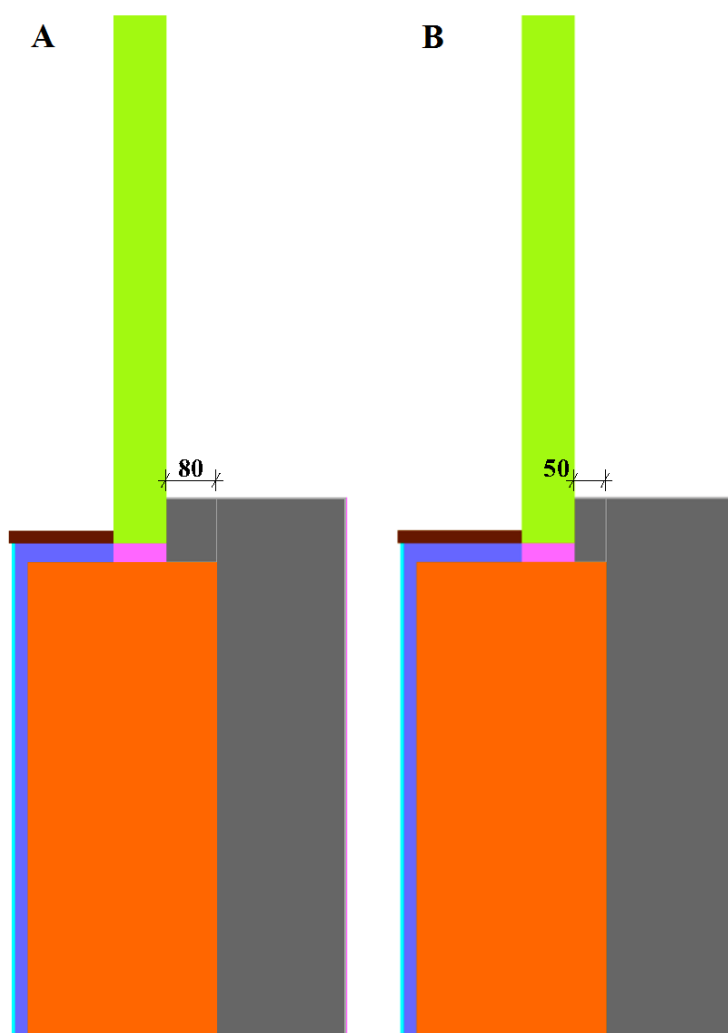
Hodnoty tepelných odporů při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně jednotlivých konstrukcí udává norma ČSN 73 0540-3 *Tepelná ochrana budov. Část 3: Návrhové hodnoty veličin* [3] a tyto hodnoty můžeme vidět v *tab. 1*.

Povrch konstrukce	Směr povrchu konstrukce		Odpor při přestupu tepla [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	
			Šíření vlhkosti	Šíření tepla
Vnější povrch stavební konstrukce a výplně otvoru	-		0,04	0,04
Vnitřní povrch stavební konstrukce	Svislý povrch		0,25	0,13
	Vodorovný povrch	nahoru	0,25	0,10
		dolů	0,25	0,17
	Svislý kout		0,25	0,19
	Vodorovný kout		0,25	0,21
Vnitřní povrch výplně otvoru	Svislý povrch [90° - 60°]		0,13	0,13
	Svislý povrch [0° - 60°]		0,13	0,10
	Vodorovný povrch	nahoru	0,13	0,10
		dolů	-	0,17
	Svislý kout		0,13	0,20
	Vodorovný kout		0,13	0,20

*Tab. 1 – Návrhové hodnoty tepelných odporů při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně stavební konstrukce [3]*

- **geometrie detailu**

Geometrie a skladba stavební konstrukce tvořící hodnocený detail je jedním z nejdůležitějších atributů z pohledu hodnocení tepelných mostů. Vliv jednotlivých detailů na provedení stavby a energetickou náročnost je podrobně zpracován v experimentální části této diplomové práce v podobě vyčíslení hodnot lineárního činitele prostupu tepla jednotlivých zkoumaných konstrukcí. U této problematiky bych rád zmínil, že určitou hodnotu lineárního činitele prostupu tepla nelze vztahovat na různá řešení stavebního detailu. Prakticky řečeno, máme-li například okenní výplň umístěnou v obvodové stěně, tak hodnota lineárního činitele prostupu tepla se mění s umístěním okenní výplně v ostění této stěny. Tento případ zdárně ilustruje *obr. 4*.



*Obr. 4 – Vliv osazení okenní výplně do obvodové stěny na hodnotě lineárního činitele prostupu tepla*

Hodnota lineárního činitele prostupu tepla  $\psi_A$  detailu A činí  $0,060 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a u detailu B, hodnota lineárního činitele prostupu tepla  $\psi_B$  činí  $0,072 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Na těchto výsledcích můžeme jasně pozorovat, že i malá změna tloušťky tepelného izolantu v místě ostění, změní zcela hodnotu lineárního činitele prostupu tepla. Hlavním důvodem této ilustrace je skutečnost, že hodnotu lineárního činitele prostupu tepla lze vztahovat pouze na příslušné tvarové řešení stavebního detailu a nelze tedy použít katalogovou hodnotu lineárního činitele prostupu tepla, jestliže detail není zcela totožný s detailem ze seznamu tepelných mostů.

- **tepelně-technické vlastnosti stavebních materiálů**

Nedílnou součástí při modelování stavebních detailů v příslušných počítačových programech, sloužících k vyhodnocení tepelných mostů, je zadání vstupních parametrů stavebních materiálů tvořící daný detail. Mezi tyto vstupní údaje materiálů patří zejména objemová hmotnost  $\rho$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ], součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ] a měrná tepelná kapacita  $c$  [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ].

- **okrajové podmínky**

Při zadávání okrajových podmínek vždy záleží na teplotní oblasti, v níž je stavební objekt situován. Ve výpočtech většinou uvažujeme s návrhovými zimními teplotami vnějšího vzduchu, které jsou závislé na teplotní oblasti a průměrné nadmořské výšce této oblasti. Ke zvolení vhodné výpočtové zimní teploty dle teplotní oblasti slouží dvě metody. První metodou je určení zimní výpočtové teploty dle přílohy H. 2 normy ČSN 73 0540-3 *Tepelná ochrana budov. Část 3*. Nevýhodou této metody je skutečnost, že ve výše uvedené příloze jsou pouze návrhové teploty zimního vzduchu pro určitá města České republiky.

Druhou, přesnější metodou je výpočet v závislosti na tepelné oblasti a nadmořské výšce místa budovy dle vztahu:

$$\vartheta_e = \vartheta_{e,100} + \Delta\vartheta_e$$

kde  $\vartheta_{e,100}$  základní návrhová teplota venkovního vzduchu v příslušné teplotní oblasti zeměpisně vymezená tab. 2, určená pro nadmořskou výšku 100 m.n.m, ve °C;

$\Delta\vartheta_e$  výškový teplotní gradient v K pro danou teplotní oblast podle *tab. 2*, který se pro místo budovy s nadmořskou výškou  $h$  určí ze vztahu:

$$\Delta\vartheta_e = \Delta\vartheta_{e,0} \cdot \frac{h - 100}{100}$$

kde  $\Delta\vartheta_{e,0}$  základní teplotní gradient pro danou oblast podle *tab. 2*;

$h$  nadmořská výška dané oblasti, ve které se hodnocená budova vyskytuje.

Teplotní oblast	Průměrná nadmořská výška v teplotní oblasti $h_m$ [m.n.m]	Základní návrhová teplota venkovního vzduchu pro 100 m.n.m $\vartheta_{e,100}$ [°C]	Základní teplotní gradient nad 100 m.n.m $\Delta\vartheta_{e,0}$ [K]
1	240	-12	-0,5
2	320	-14	-0,3
3	540	-16	-0,2
4	820	-18	-0,2

*Tab. 2 – Teplotní oblasti České republiky v zimním období, jejich průměrná nadmořská výška, základní návrhová teplota venkovního vzduchu a teplotní gradient [3]*

**Příklad výpočtu návrhové venkovní zimní teploty vzduchu zadané obce:**

- **vstupní údaje:**
  - obec *Jinošov* (okres *Třebíč*);
  - nadmořská výška  $h = 473$  m.n.m (teplotní oblast 3).
- **řešení:**

$$\vartheta_e = \vartheta_{e,100} + \Delta\vartheta_{e,0} \cdot \frac{h - 100}{100}$$

$$\vartheta_e = -16 + -0,2 \cdot \frac{473 - 100}{100}$$

$$\vartheta_e = -16,75 \text{ °C}$$

Návrhová teplota venkovního vzduchu se vždy zaokrouhluje na celé číslo ve °C směrem k nižší (chladnější) hodnotě. V tomto případě je výpočtová zimní teplota venkovního vzduchu pro obec *Jinošov* rovna  $\vartheta_e = -17 \text{ °C}$ .

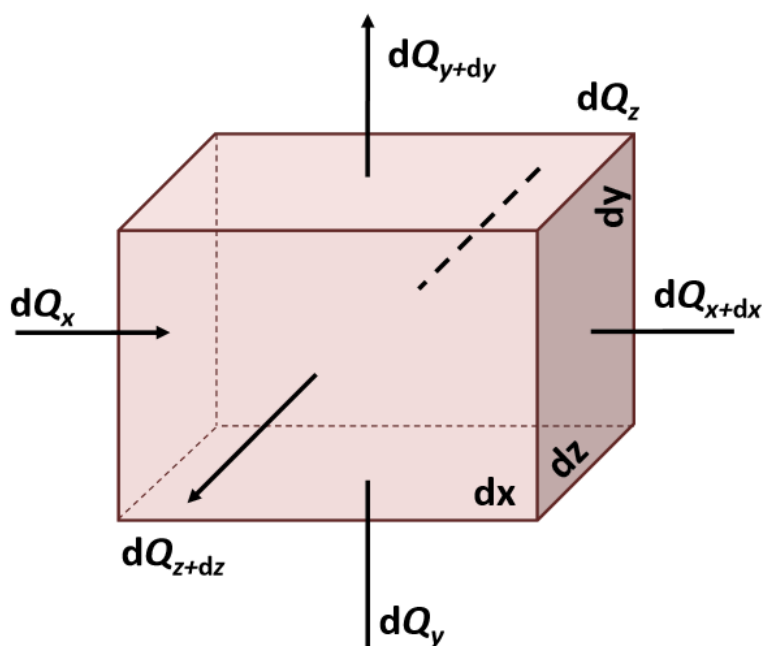


U této kapitoly bych rád zmínil i okrajové podmínky týkající se modelování stavebních detailů. K efektivnímu vyhodnocení stavebních detailů se dnes v drtivé většině případů používají počítačové programy založené na Fourierově diferenciální rovnici vedení tepla (druhý Fourierův zákon). Budeme-li uvažovat trojrozměrné vedení tepla a zároveň považujeme součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ] konstantní, lze Fourierovu diferenciální rovnici vedení tepla zapsat následovně [16]:

$$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda \cdot \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \dot{q} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^3} \right]$$

kde  $\rho$  hustota [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ];  
 $c$  měrná tepelná kapacita [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ];  
 $t$  teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ];  
 $\tau$  čas [s];  
 $\lambda$  součinitel tepelné vodivosti [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ];  
 $\dot{q}$  objemová hustota výkonu dodávaná vnitřními tepelnými zdroji [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$ ].

K odvození druhého Fourierova zákona se zobrazuje elementární těleso, které můžeme pozorovat na *obr. 5*.



*Obr. 5 – Elementární těleso k odvození Fourierovy rovnice vedení tepla [17]*

Na *obr. 5* je elementární těleso o stranách  $x, y, z$ , jehož objem je  $dV$ . Vidíme přivedené a odvedené teplo. Množství tepla přivedeného jednotlivými stranami do elementárního objemu značíme  $dQ_x, dQ_y, dQ_z$ . Množství tepla odvedené z elementárního objemu tělesa je tedy  $dQ_{x+dx}, dQ_{y+dy}, dQ_{z+dz}$ . Stěnu kolmou k ose  $x$  považujeme za izotermickou plochu (plocha  $d_y \cdot d_z$ ) [18]. Z tohoto elementárního tělesa je tedy zřejmé, že zde platí zákon o zachování energie:

$$\sum Q_i = 0$$

Fourierova diferenciální rovnice vedení tepla popisuje neustálený (nestacionární) stav, při němž je teplotní pole časově závislé. Tato skutečnost by ve standardní stavební praxi znamenala komplikovanost výpočtů a zcela určitě neefektivitu naší práce. Při energetických výpočtech je jednou z nejdůležitějších veličin hustota tepelné toku  $q$  [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ]. Díky této veličině jsme schopni jednoduše určit množství tepla, které je převedeno materiálem za jednotku času jednotkou plochy. Abychom dosáhli konstantní hustoty tepelného toku v konstrukci, musíme zavést určitá zjednodušení, která jsou definována následovně:

- **při výpočtech uvažujeme stacionární (ustálený) stav:**

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$$

- **v uvažovaných konstrukcích se nenachází žádné vnitřní zdroje tepla:**

$$\dot{q} = 0$$

- **uvažujeme jednorozměrné ustálené vedení tepla:**

$$\frac{\partial^2 t_{(x)}}{\partial^2 x} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial t_{(x)}}{\partial x} = \text{konst.}$$

Z poslední výše uvedené rovnice je patrné, že teplotní gradient je konstantní. Podle prvního Fourierova zákona je hustota tepelného toku  $q$  závislá na teplotním gradientu a součiniteli tepelné vodivosti  $\lambda$ , ale jestliže jsou i tyto veličiny také konstantní, pak hustota tepelného toku musí být rovněž konstantní [16].

$$q = -\lambda \cdot \frac{\partial t_{(x)}}{\partial x} = \text{konst.} \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

U diferenciálních rovnic platí, že samotná diferenciální rovnice v parciálním tvaru sama o sobě neposkytuje dostatečnou informaci k tomu, abychom její řešení byli schopni určit jednoznačně. K tomu je tedy třeba mít k dispozici další informace, které u stacionárních (ustálených) rovnic nazýváme tzv. okrajovými podmínkami [19].

Okrajové podmínky se používají na hranicích  $\Omega$  nejčastěji ve tvaru:

- **Dirichletova okrajová podmínka – nazývaná též I. druhu**

Tato okrajová podmínka se zejména používá tam, kde je hranice tvořena izotermou. Pro představu mějme objekt ponořený v určité nádobě o teplotě  $t$  ( $\Omega$ ,  $\tau$ ) a předpokládejme, že tepelná vodivost je ideální, pak bude mít na hranici  $\Omega\partial$  Dirichletovu okrajovou podmínku definovanou vztahem [19]:

$$t(\Omega, \tau) = t_{\Omega}(\Omega, \tau)$$

- **Neumannova okrajová podmínka – nazývaná též II. druhu**

Pokud je objekt  $\Omega$ , kterým teplo proudí dokonale izolovaný, je tepelný tok na hranici nulový. Tato podmínka představuje bilanci tepelného toku s příslušnou hranicí a můžeme ji zapsat následujícím vztahem [7]:

$$-\lambda \cdot \left( \frac{\partial t_{(x)}}{\partial x} \right) = q_{(\Omega, t, \tau)} \Rightarrow -\lambda \cdot \left( \frac{\partial t_{(x)}}{\partial x} \right) = 0$$

kde  $q(\Omega, t, \tau)$  hustota tepelného toku [ $\text{W/m}^2$ ].

Homogenní podmínka (respektive  $q(\Omega, t, \tau) = 0$ ) tohoto typu se používá např. u geometrické symetrie stavebního detailu (modelu).

- **Newtonova okrajová podmínka – nazývaná též III. druhu**

Tato okrajová podmínka určuje rozložení součinitelů přestupu tepla na povrchu tělesa (a teploty okolí  $t_{ext}$ ) v čase [20]. Velmi často uvažujeme součinitel přestupu tepla  $\alpha = konst.$

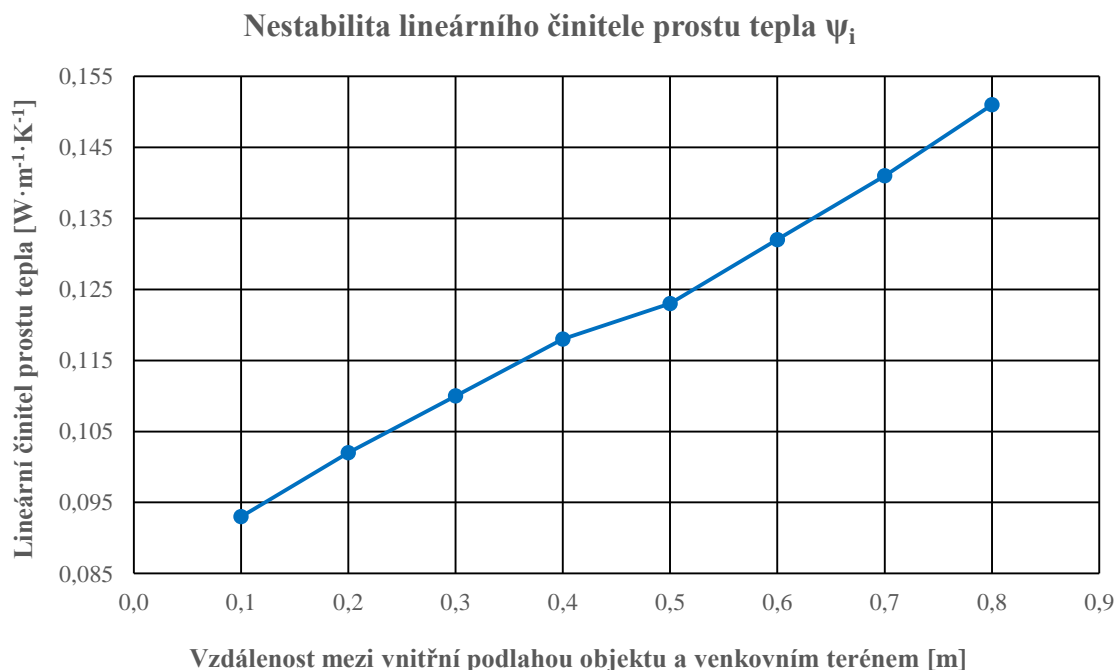
$$-\lambda \cdot \left( \frac{\partial t_{(x)}}{\partial x} \right) = \alpha_{(\Omega, t, \tau)} \cdot (t - t_{ext})$$

kde  $\alpha(\Omega, t, \tau)$  součinitel přestupu tepla z jednoho prostředí do druhého [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ], který může být závislý i na mnoha dalších parametrech prostředí jako jsou například rychlosti proudění vzduchu či vlhkost.

## 1.3 Geometrie stavebních detailů

Geometrie stavebního detailu na výslednou kvalitu stavební konstrukce je zcela rozhodující. Kdybychom například chtěli zjistit kvalitu daného objektu z hlediska eliminace tepelných mostů, nezbývalo by nám nic jiného než tento objekt namodelovat jako celek včetně všech konstrukcí, které jsou jeho součástí. Ovšem tato idea zní reálně pouze z pohledu vědeckého, nikoliv z pohledu praktického pro modelování stavebních detailů ve stavební tepelné technice. V praxi by tvorba 3D modelu celého objektu byla zcela určitě kontraproduktivní, nehledě na nutnost počítačové technologie, která by byla k tomuto úkolu zapotřebí. Z tohoto důvodu je neodvratitelným procesem rozdělení objektu do jednotlivých částí. Toto rozložení stavebního objektu se musí provést takovým způsobem, abychom vyloučily rozdíly ve výsledcích výpočtů mezi rozdělenou budovou a budovou vcelku. Na tuto skutečnost myslí norma ČSN EN ISO 10 211 *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích* [5] zavedením tzv. *řezových rovin*. Pod tímto pojmem si můžeme představit pomyslnou rovinu, která protíná v daném místě stavební konstrukci. Správným navrhováním řezových rovin se budeme zabývat v následující kapitole.

V jedné z předešlých kapitol jsem se zabýval proměnlivostí lineárního činitele prostupu tepla v závislosti na změně osazení okenního rámu ve stěně budovy. Na dalším příkladu bych rád upozornil na komplikovanější geometrii stavební konstrukce. Konkrétně se jedná o detail složený z obvodového zdiva u základů nepodsklepené budovy. Problém u tohoto detailu může nastat v případě, je-li objekt umístěn ve svahu a upravený terén má různou polohu vůči podlaze v objektu po celé své délce. Komplikovanost detailu tkví v tom, že hodnota lineárního činitele prostupu tepla postupně roste se zvyšující se distancí mezi podlahou objektu a upraveným terénem v exteriéru. Pro názornost výpočtu byl úsek budovy rozdělen do kroků po 100 mm a výsledná nestálost lineárního činitele prostupu tepla je zdárně ilustrována na *grafu 2*.



*Graf 2 – Závislost lineárního činitele prostupu tepla na úrovni terénu pod podlahou*

### 1.3.1 Řezové roviny dvourozměrných modelů

Při vytváření řezových rovin musí být splněny následující podmínky (viz *obr. 6*):

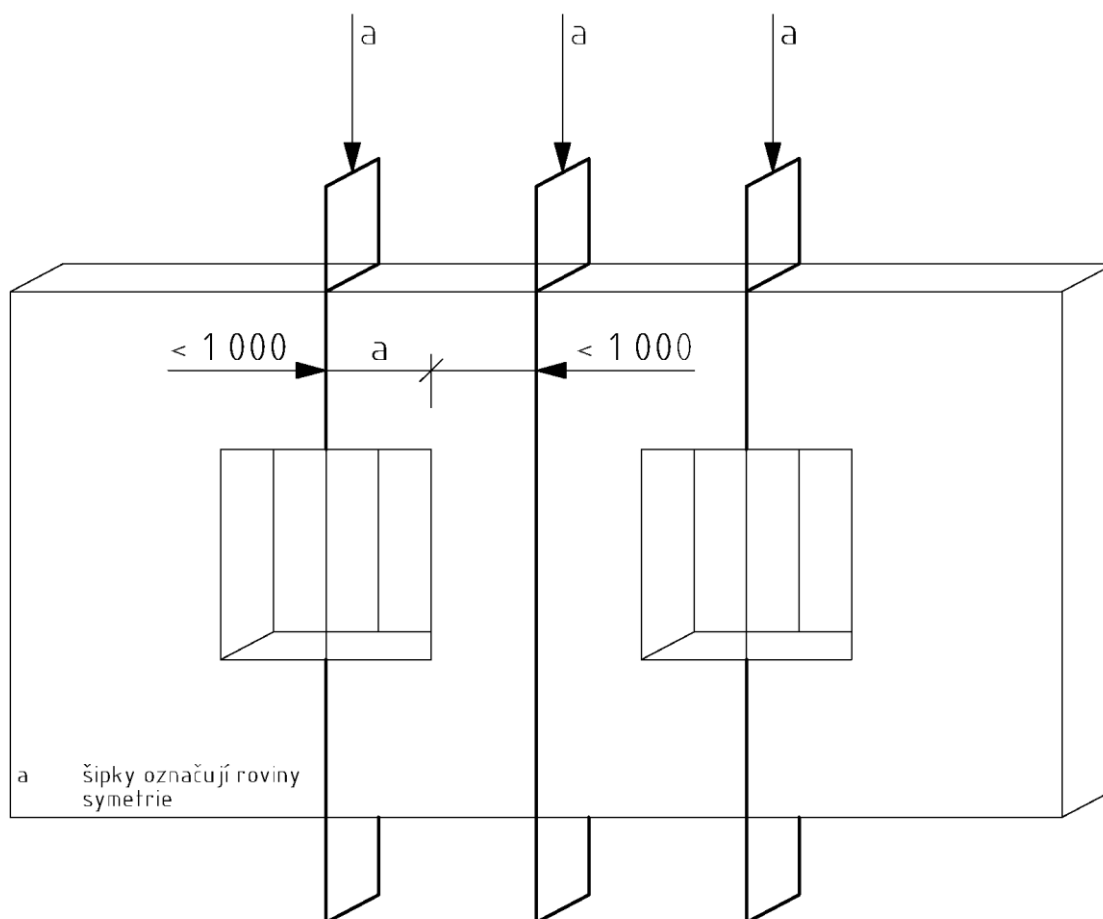
- řezová rovina umístěna v rovině symetrie detailu musí být vedena blíže než  $d_{min}$  a to od centrálního prvku stavebního detailu;
- řezová rovina musí vést nejméně ve vzdálenosti  $d_{min}$  od centrálního prvku, není-li však v blízkosti rovina symetrie.

Hodnota  $d_{min}$  je hodnota vzdálenosti definována následujícím vztahem:

$$d_{min} = \max(1\,000\,mm; 3 \cdot d) [mm]$$

kde  $d$  tloušťka přilehlého bočního prvku [mm].

Výhoda vhodně zvolé řezové roviny je ta, že geometrický model s vhodně zvolenou řezovou rovinou může obsahovat více než jeden tepelný most. Tato přednost nás vede k možnosti ušetření času modelace stavebních detailů v počítačových programech, které simulují vedení tepla ve stavební konstrukci.



*Obr. 6 – Roviny symetrie použitelné jako řezové roviny [5]*

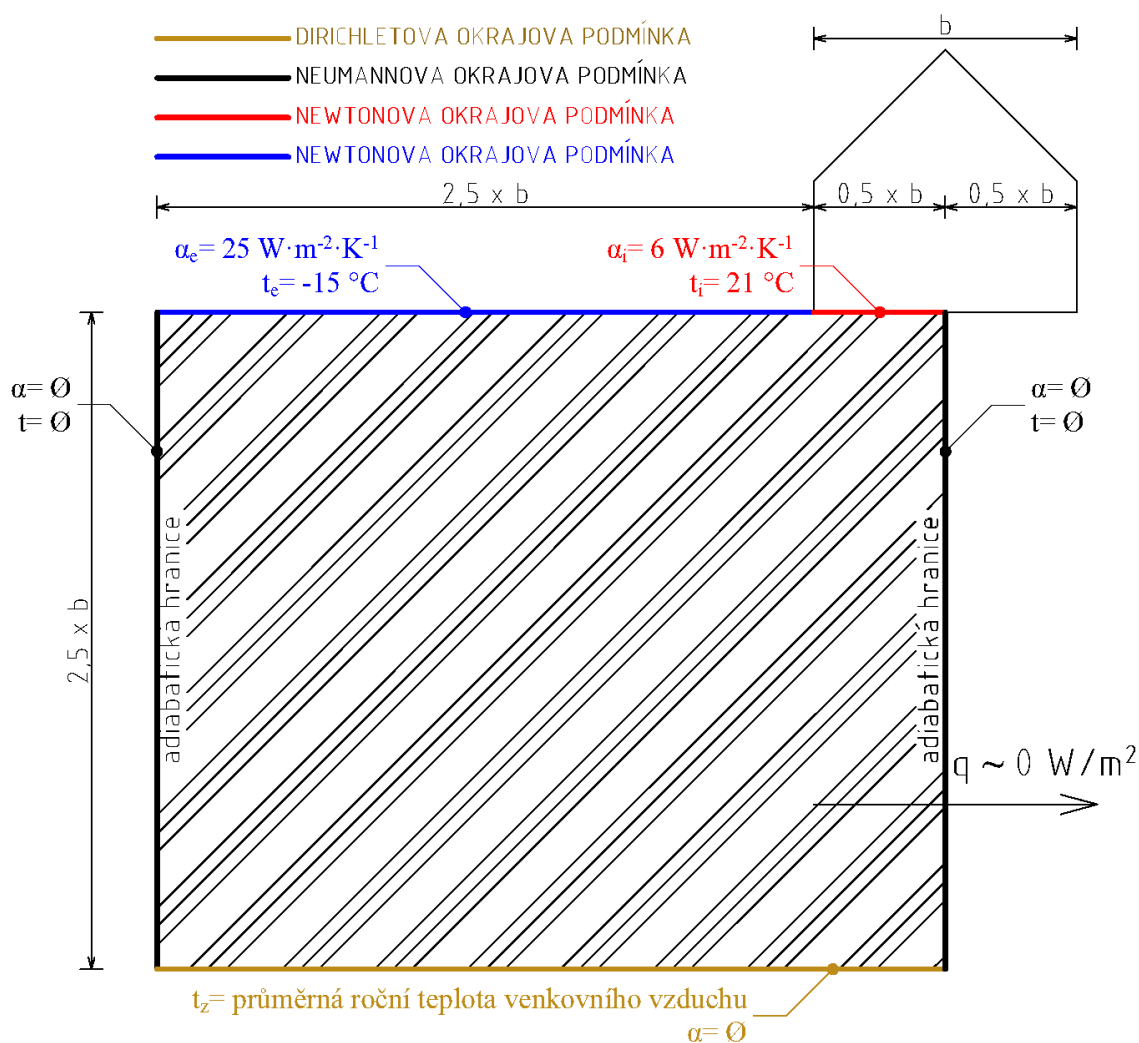
### **1.3.2 Geometrie modelů stavebních konstrukcí umístěných v zemině**

Jestliže modelujeme konstrukci, která je ve styku se zeminou, je nutné se řídit zásadami uvedenými v této kapitole. Při sestavování dvourozměrných stavebních detailů musíme svislou rovinu symetrie uvažovat přesně v polovině podlahy budovy, což znamená nutnost sestavit model budovy až do její osy symetrie (tímto docílíme možnosti použití adiabatické okrajové podmínky v tomto místě). Další velmi důležitou podmínkou modelů uložených v zemině je délka okrajových podmínek, která musí být v modelu teplotního pole nezbytně obsažena. Tato podmínka by se neměla v modelech stavebních detailů podceňovat, jelikož nedodržením této podmínky by nastaly nereálné tepelné toky a průběhy izoterm, což by vedlo k celkovému znehodnocení stavebního detailu. Nutné délky okrajových podmínek v závislosti na rozměrech řešené budovy uvádí *tab. 3* (pro výpočet tepelných toků v detailu).

Směr řezové roviny v zemině	Vzdálenost k centrálnímu prvku
Vodorovná vzdálenost ke svislé rovině, uvnitř budovy	$0,5 \cdot \text{rozměr podlahy } b$
Vodorovná vzdálenost ke svislé rovině, vně budovy	$2,5 \cdot \text{rozměr podlahy } b$
Svislá vzdálenost k vodorovné rovině pod úrovní terénu	$2,5 \cdot \text{rozměr podlahy } b$

Tab. 3 – Umístění řezových rovin v zemině v závislosti na rozměrech budovy [5]

K vyšší přehlednosti údajů uvedených v tab. 3 slouží obr. 7, ve kterém jsou mimo jiné obsaženy také okrajové podmínky výpočtu vedení tepla, kterými jsme se zabývali v kap. 1.2.4.



Obr. 7 – Řezové roviny dvourozměrného detailu na zemině včetně okrajových podmínek



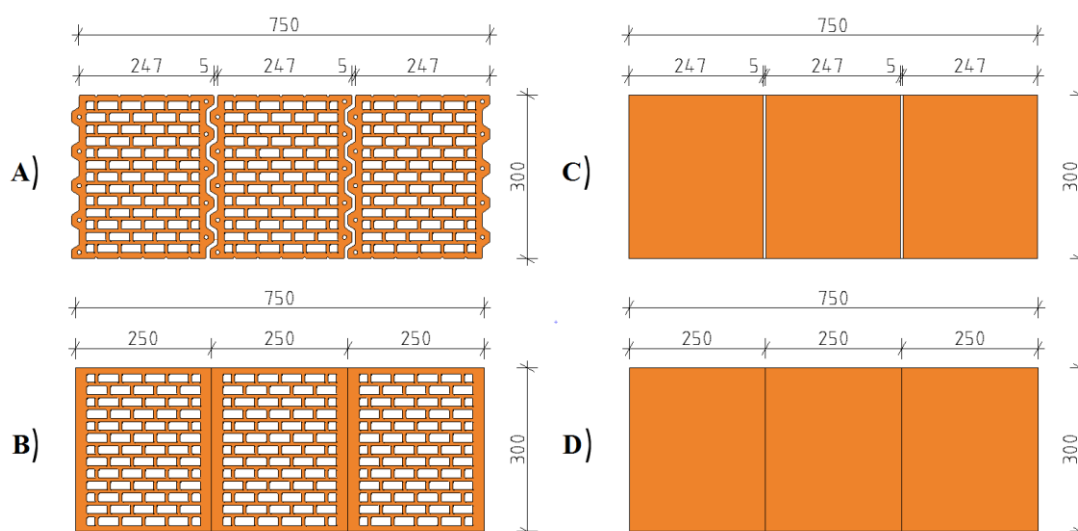
### 1.3.3 Zjednodušení geometrického modelu

U stavebních výrobků se často můžeme setkat s tím, že daný produkt není složen z jednoho materiálu. Modelování stavebních detailů by se stala díky této skutečnosti velmi náročnou záležitostí, proto norma umožňuje stavební výrobek zadat pomocí jedné ekvivalentní tepelné vodivosti  $\lambda'$  [5]. Toto zjednodušení je ovšem limitováno podmínkou, že součinitel tepelné vodivosti daných materiálů tvořící jeden celek není větší jak  $\lambda = 3,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Danou ekvivalentní tepelnou vodivost určíme ze vztahu:

$$\lambda' = \frac{d}{\frac{l_{tb}}{L_{2D}} - R_{si} - R_{se} - \sum \frac{d_j}{\lambda_j}} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$$

kde  $d$  tloušťka nehomogenní vrstvy [m];  
 $l_{tb}$  délka lineárního tepelného mostu [m];  
 $L_{2D}$  tepelná propustnost stavební konstrukce [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ];  
 $d_j$  tloušťka stejnorodé vrstvy, která je součástí stavební konstrukce [m];  
 $\lambda_j$  součinitel tepelné vodivosti stejnorodé vrstvy [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ].

Na *obr. 8* můžeme pozorovat možnosti zjednodušení geometrie zdiva z keramických tvarovek o celkové tloušťce  $300 \text{ mm}$ . První možností je model provést podle skutečných rozměrů (zkosení, zaoblení apod.), součinitelů tepelné vodivosti jednotlivých materiálů tvořící komplexní výrobek či spár oddělující jednotlivé keramické tvárnice od sebe – *fáze A*. Druhou možností je zanedbání zkosených hran keramických tvarovek a nahrazení rovnými hranami – *fáze B*. Třetí možností je úplné zanedbání vzduchových mezer uvnitř každé tvárnice a nahrazení celé tvárnice jednotnou hodnotou součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$ , kterou zpravidla udává výrobce keramického zdiva – *fáze C*. Nejefektivnější variantou je celkové zanedbání spár oddělující tvárnice od sebe, jelikož zde na konkrétním případě se jedná o tvárnice typu P+D, které díky svým zkosením navazují přesně na sebe (vytváří tzv. kapsu) a lze tedy předpokládat, že zde nedochází ke znatelným únikům tepla – *fáze D*. Samozřejmostí je, že výsledky získané z nezjednodušeného stavebního detailu mají větší přednost před výsledky modelů, na kterých byla aplikována určitá zjednodušení.



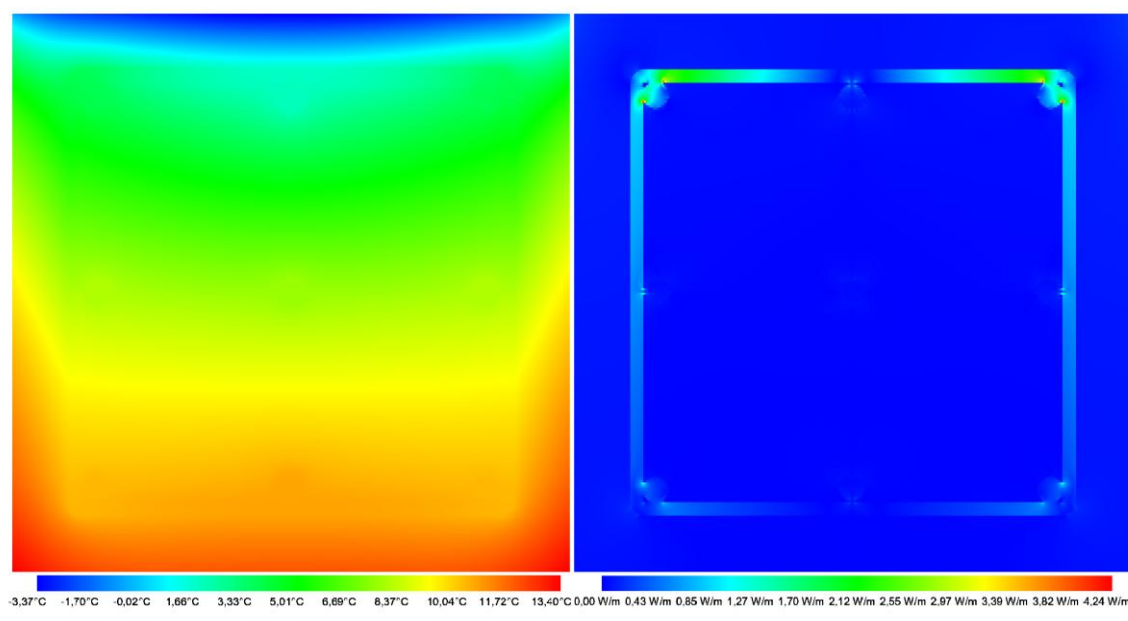
Obr. 8 – Možnosti zjednodušení geometrie zdiva z keramických tvarovek

Zanedbat v modelu určitou vrstvu materiálu nelze však uskutečnit v jakékoliv situaci. Materiály s velkým součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda$  nelze opomenout v případě, že jejich tloušťka je větší jak 1 mm. Mezi tyto materiály patří zejména kovy. Nejběžnějším kovem, se kterým se můžeme ve stavebnictví setkat je stavební železo, respektive stavební ocel, tvořící výztuž železobetonových konstrukcí. Ocel použita k vyztužení železobetonových konstrukcí dosahuje součinitele tepelné vodivosti až  $\lambda = 50\text{--}58 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  [21], což je až 1 500krát více, než mají materiály z tepelně izolačních hmot. Z toho lze tedy vyvodit závěr, že takové vrstvy se nesmí opominout při modelování stavebních detailů (zejména kvůli hodnotě hustoty tepelného toku  $q$ ), jak ilustrují obr. 9 a 10. Na obr. 9 je železobetonový sloup čtvercového průřezu o rozměrech  $250 \times 250 \text{ mm}$ , jehož konstrukci tvoří hlavní nosná výztuž  $\varnothing 14 \text{ mm}$ , třmínky  $\varnothing 6 \text{ mm}$  a hutný beton. Na obr. 10 je tentýž sloup, avšak v modelu byla zanedbána ocelová výztuž (konstrukci sloupu tvoří pouze hutný beton). Hlavním důvodem těchto dvou obrázků je porovnání hodnot hustoty tepelného toku  $q$  procházející oběma konstrukcemi při použití stejných okrajových podmínek. Materiálové charakteristiky použitých hmot v detailech jsou uvedeny v tab. 4.

Materiál	Měrná tepelná kapacita $c [\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda [\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	Hustota $\rho [\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$
Beton hutný	1 020	1,23	2 100
Stavební ocel	440	58,0	7 850

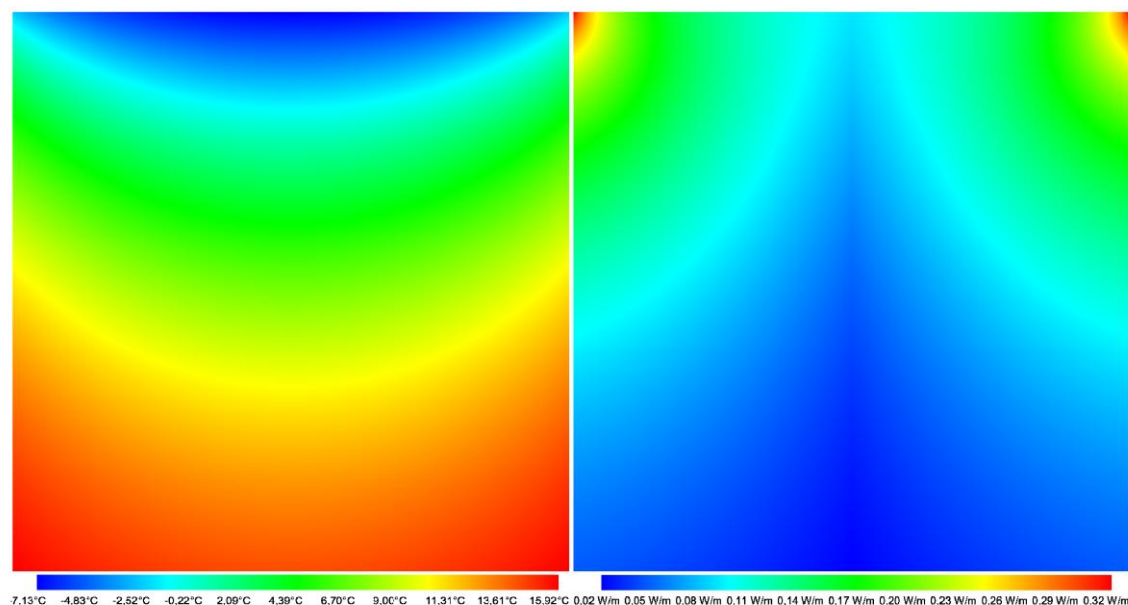
Tab. 4 – Materiálové charakteristiky hmot použitých ve stavebních detailech

Výpočtem v programu *CalA* činí výsledný tepelný tok sloupem (s výztuží)  $281,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .



*Obr. 9 – Teplotní pole a tepelné toky v konstrukci betonového sloupu s výztuží*

Po provedení výpočtu v programu *CalA* činí výsledný tepelný tok sloupem (bez výztuže)  $207,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .



*Obr. 10 – Teplotní pole a tepelné toky v konstrukci betonového sloupu bez výztuže*

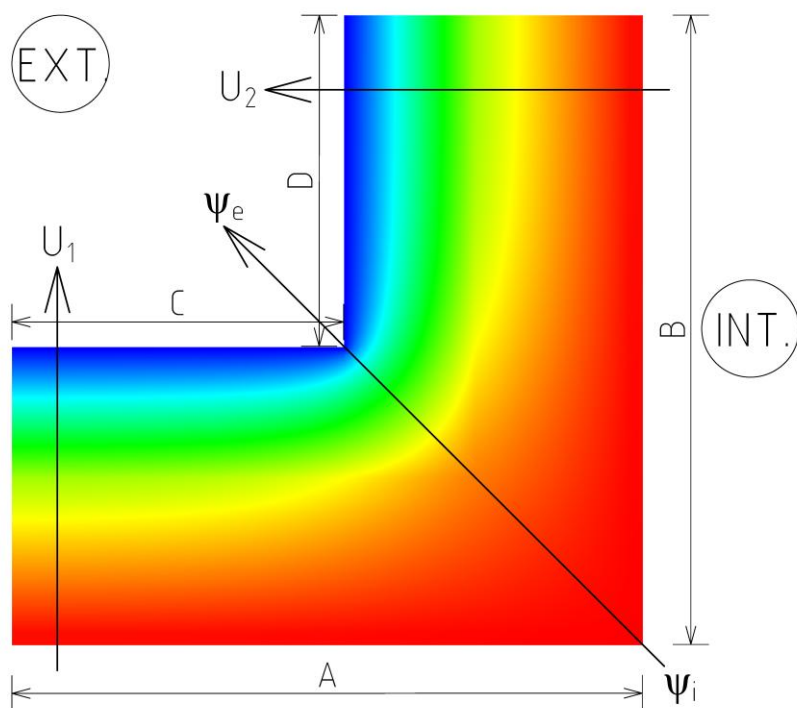
Výsledky nám potvrzují, že zanedbání kovových vrstev v modelech stavebních detailů lze považovat ze pochybení, protože hodnota tepelného toku detailu s ocelovou výztuží je o  $74,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  vyšší než u detailu, který tuto výztuž opomíjí.

## 1.4 Aplikovatelnost výsledků a jejich přesnost

Po ukončení modelování stavebního detailu v příslušném počítačovém programu se provede výpočet, který určí rozložení teplot v daném stavebním detailu. Řešiče těchto počítačových programů rozdělí model do jednotlivých buněk, a podle určitých fyzikálních zákonů, se vytvoří řady soustav rovnic, které jsou funkcí teplot právě v těchto buňkách. Po výpočtu jsou známy všechny teploty v jednotlivých uzlech modelu, z čehož se posléze sestaví celkové teplotní pole stavebního detailu [5]. Volba vhodné metody k evaluaci stavebního detailu vždy záleží na požadované přesnosti výsledků.

Při použití metod založených na numerických výpočtech (*Area*, *CalA*, *QuickField* apod.) lze očekávat chybu výpočtů přibližně  $\pm 5 \%$ . Mezi tyto metody zejména patří metoda sítí, metoda konečných prvků, metoda konečných diferencí či metoda kontrolních objemů. U ostatních způsobů vyhodnocení stavebních detailů lze očekávat vyšší chybu. Mezi tyto možnosti zahrnujeme zvolení lineárního činitele prostupu tepla z katalogu tepelných mostů od určitého výrobce stavebních materiálů (např. Ytong, Porotherm, Heluz apod.). Jak bylo již dříve zmíněno, tak použití katalogových hodnot může vést k určitým pochybnostem, proto lze očekávat chybu až  $\pm 20 \%$ . Nejméně přesnou metodou vyhodnocení stavebního detailu je odhad plynoucí ze zkušeností projektanta stavebních detailů (nejistota přesnosti i  $\pm 50 \%$ ) [6].

U numerických metod bych chtěl poukázat na význam výběru správných rozměrů k určení lineárního činitele prostupu tepla. Konstrukční rozměry stavebních detailů je možno běžně rozdělit na vnitřní a vnější. Vnější rozměry stavební konstrukce jsou logicky větší než rozměry vnitřní, proto musí platit pravidlo, že lineární činitelé prostupu tepla z vnitřní a vnější strany se sobě nerovnají. Tato skutečnost však nemění nic na faktu, že tepelný tok z interiéru do exteriéru a z exteriéru do interiéru musí být vždy stejný (tepelný tok z exteriéru do interiéru má pouze opačnou orientaci). Tato podmínka vychází ze zákona o zachování energie a přehled výše uvedených pravidel úspěšně ilustruje *obr. 11* [1].



Obr. 11 – Vnější a vnitřní lineární činitele prostupu tepla na modelu koutu obvodového zdiva

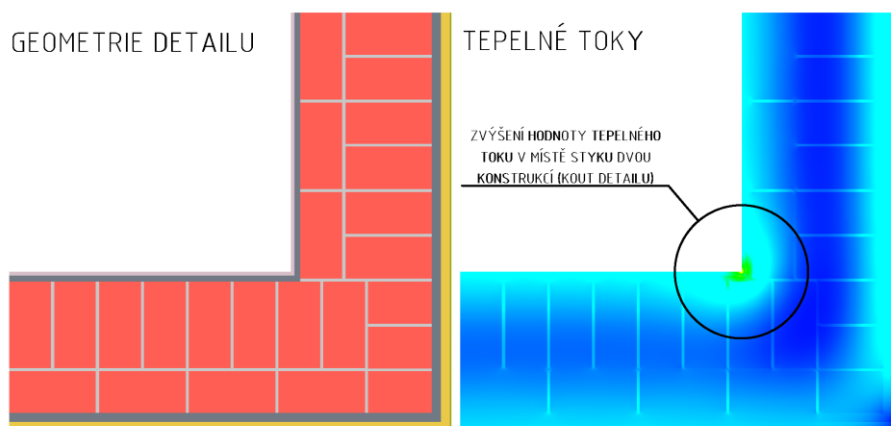
Z modelu a výše uvedených pravidel nám tedy vyplývá podmínka:

$$A \cdot U_1 + B \cdot U_2 + \psi_i = C \cdot U_1 + D \cdot U_2 + \psi_e$$

- kde
- $A, B$  vnitřní rozměry hodnoceného detailu [m];
  - $C, D$  vnější rozměry hodnoceného detailu [m];
  - $U_1, U_2$  součinitele prostupu tepla konstrukcemi detailu [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ];
  - $\psi_i$  lineární činitel prostupu tepla z vnitřní strany detailu [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ];
  - $\psi_e$  lineární činitel prostupu tepla z vnější strany detailu [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ].

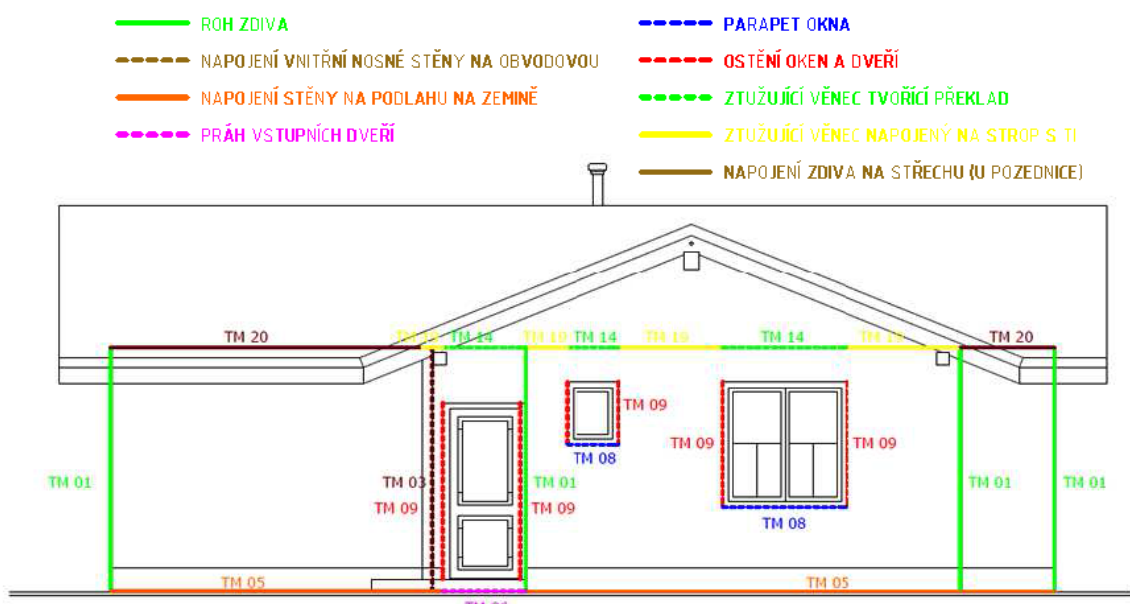
## 2. Tepelné vazby

Tepelnou vazbou ve stavebních konstrukcích lze charakterizovat jako styk dvou nebo více druhů konstrukcí tvořící stavební detail. Tepelnou vazbu lze taktéž označit jako speciální případ tepelného mostu, kde je tepelný tok výrazně ovlivněn vzájemným působením nesterjnorodých materiálů vytvářející výslednou stavební konstrukci (obr. 12).



Obr. 12 – Zvýšený tepelný tok v místě tepelné vazby koutu zdiva

Vliv tepelných vazeb se hodnotí až do celkové měrné ztráty prostupem objektu, nezahrnuje se tedy do výpočtu tepelného odporu stavební konstrukce [23]. Příklady tepelných vazeb na běžném rodinném domě ilustruje obr. 13.



Obr. 13 – Příklady tepelných vazeb rodinného domu [24]

## 2.1 Rozdělení tepelných vazeb

Lineární činitel prostupu tepla je relativně nová veličina ve stavební tepelné technice, která určuje kvalitu daného stavebního detailu. V podstatě se jedná o obdobu součinitele prostupu tepla v přímkové (lineární), respektive v bodové podobě [25]. Lineární činitel prostupu tepla vyjadřuje množství tepla, které prochází při jednotkovém teplotním rozdílu jednotkovou délkou tepelné vazby. Bodový činitel prostupu tepla znamená v podstatě totéž, a jak název napovídá, rozdíl vymezuje pouze absence členu délky tepelné vazby. Klíčový u obou těchto veličin je fakt, že nemají žádné fyzikální opodstatnění, jedná se pouze o zavedení konstant, které určující rozdíl mezi jednosměrným a dvourozměrným (trojrozměrným) vedením tepla [7].

### 2.1.1 Požadavky na lineární a bodový činitel prostupu tepla

Hodnocení a požadavky na lineární a bodový činitel prostupu tepla uvádí norma ČSN 73 0540-2: Z1. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky: Změna: Z1* [22]. Každá hodnocená lineární tepelná vazba musí splňovat podmínku:

$$\psi \leq \psi_N \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$$

kde  $\psi$  vypočtený lineární činitel prostupu tepla [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ];

$\psi_N$  požadovaný lineární činitel prostupu tepla dle tab. 5 [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ].

Druh lineární tepelné vazby	$\Psi [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$		
	Pož.	Dopor.	Pasivní domy
	$\psi_n$	$\psi_{rec}$	$\psi_{pas}$
Styk vnější stěny a další konstrukce s výjimkou výplní otvorů	0,20	0,10	0,05
Styk vnější stěny a výplně otvoru (parapet, nadpraží či ostění)	0,10	0,03	0,01
Styk střechy a výplně otvoru (střešní okno apod.)	0,30	0,10	0,02

Tab. 5 – Požadovaný lineární činitel prostupu tepla podle ČSN 73 0540-2 [22]

Každá hodnocená bodová tepelná vazba musí splňovat podmínku:

$$\chi \leq \chi_N \left[ \frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

kde  $\chi$  vypočtený bodový činitel prostupu tepla [ $\text{W} \cdot \text{K}^{-1}$ ];

$\chi_N$  požadovaný bodový činitel prostupu tepla dle *tab. 6* [ $\text{W} \cdot \text{K}^{-1}$ ].

Druh bodové tepelné vazby	Bodový činitel prostupu tepla [ $\text{W} \cdot \text{K}^{-1}$ ]		
	Požadovaný	Doporučený	Pasivní domy
	$\chi_n$	$\chi_{rec}$	$\chi_{pas}$
Průnik tyčové konstrukce (sloupy, nosníky, konzoly apod.) vnější stěnou, podhledem nebo střechou.	0,40	0,10	0,02

*Tab. 6 – Požadovaný bodový činitel prostupu tepla podle ČSN 73 0540-2 [22]*

Splnění požadavků na lineární a bodový činitel prostupu tepla se nemusí hodnotit, je-li návrhem a provedením zaručeno, že je působení tepelných vazeb mezi konstrukcemi je menší než 5 % nejnižšího součinitele prostupu tepla navazujících konstrukcí. Obvykle se jedná o případy, kde hlavní tepelně – izolační vrstva navazuje souvisle mezi konstrukcemi (není zde zeslabení tloušťky tepelného izolantu ani zde neprocházejí vodivé prvky). S tímto případem se zejména setkáme u provedení zateplení vnějších obvodových stěn [25].

Vypočtený lineární činitel prostupu tepla může vycházet kladný i záporný. Nejběžnějším výsledkem je hodnota kladná, která znamená, že k výsledné tepelné ztrátě objektu, musíme přičíst i tepelnou ztrátu tepelnou vazbou. Samozřejmě může nastat situace, že po provedení výpočtu v příslušném počítačovém programu, vzejde z výpočtu záporná hodnota lineárního činitele prostupu tepla. Tato hodnota znamená, že tepelná ztráta tepelným mostem je již obsažena ve vypočtené tepelné ztrátě objektu.



### 2.1.2 Výpočet lineárního a bodového činitele prostupu tepla

Působí-li na stavební detail dvě teploty (venkovní  $t_e$  a vnitřní  $t_i$ ), tak výpočet lineárního činitele prostupu tepla se provede podle následujícího vztahu:

$$\psi = L^{2D} - \sum U_j \cdot b_j \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$$

kde  $L^{2D}$  vypočtená tepelná propustnost hodnoceného staveb. detailu [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ];  
 $U_j$  součinitel prostupu tepla j-té dílčí plošné konstrukce [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ];  
 $b_j$  šířka j-té konstrukce geometrického modelu [m].

Tepelnou propustnost  $L^{2D}$  z výše uvedeného vztahu můžeme definovat jako poměr lineárního tepelného toku ku rozdílu teplot vnitřního a venkovního vzduchu. Tepelný tok na metr délky tepelného mostu se získá pomocí 2D výpočtu pomocí vhodného počítačového programu.

Podobným způsobem lze vyčíslit i bodový činitel prostupu tepla, který se vypočítá z následující rovnice:

$$\chi = L^{3D} - \sum U_j \cdot A_j - \sum \psi_j \cdot b_j \left[ \frac{W}{K} \right]$$

kde  $L^{3D}$  vypočtená tepelná propustnost hodnoceného stavebního detailu [ $W \cdot K^{-1}$ ];  
 $U_j$  součinitel prostupu tepla j-té dílčí plošné konstrukce [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ];  
 $A_j$  plocha konstrukce, na kterou se vztahuje  $U_j$  [ $m^2$ ];  
 $\psi_j$  vypočtený lineární činitel prostupu tepla [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ];  
 $b_j$  šířka j-té konstrukce geometrického modelu [m].

### 2.1.3 Speciální případ výpočtu lineárního činitele prostupu tepla

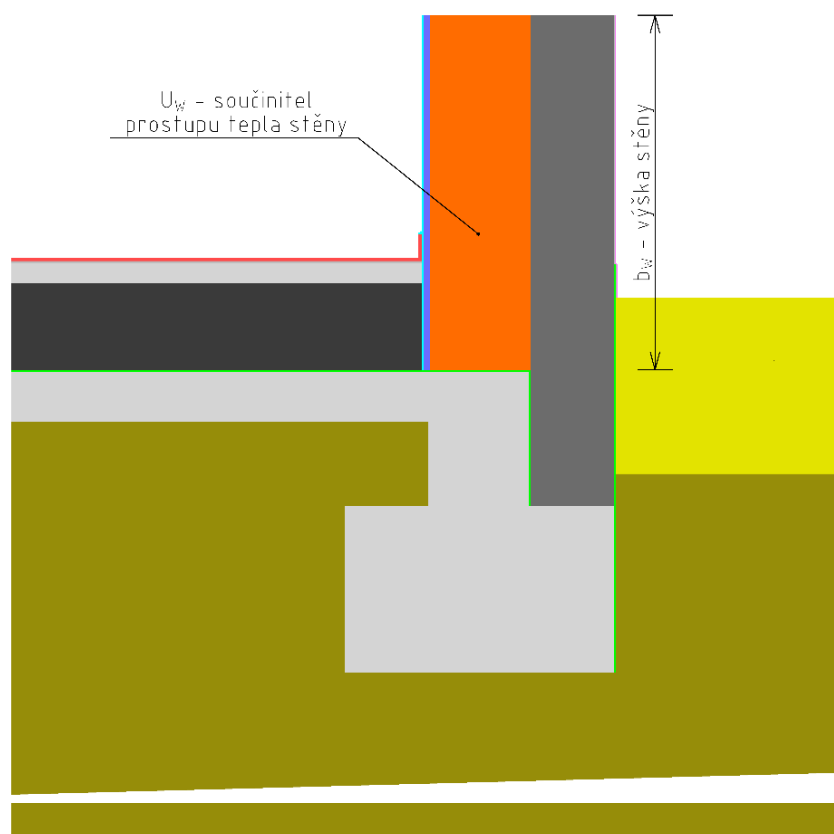
V této kapitole bych chtěl navázat na *kap. 1.3.2*, v níž jsme se zabývali geometrií stavebního detailu situovaného k zemině. Tento stavební detail nejlépe reprezentuje detail obvodové stěny a podlahy uložené na zemině, který se nachází takřka u všech stavebních objektů. Zjištění lineárního činitele prostupu tepla takového detailu má svůj specifický postup, který stanovuje norma ČSN EN ISO 10 211 [5].

Lineární činitel prostupu tepla stavebního detailu stěna/podlaha na zemině se vypočítá podle následujícího vztahu:

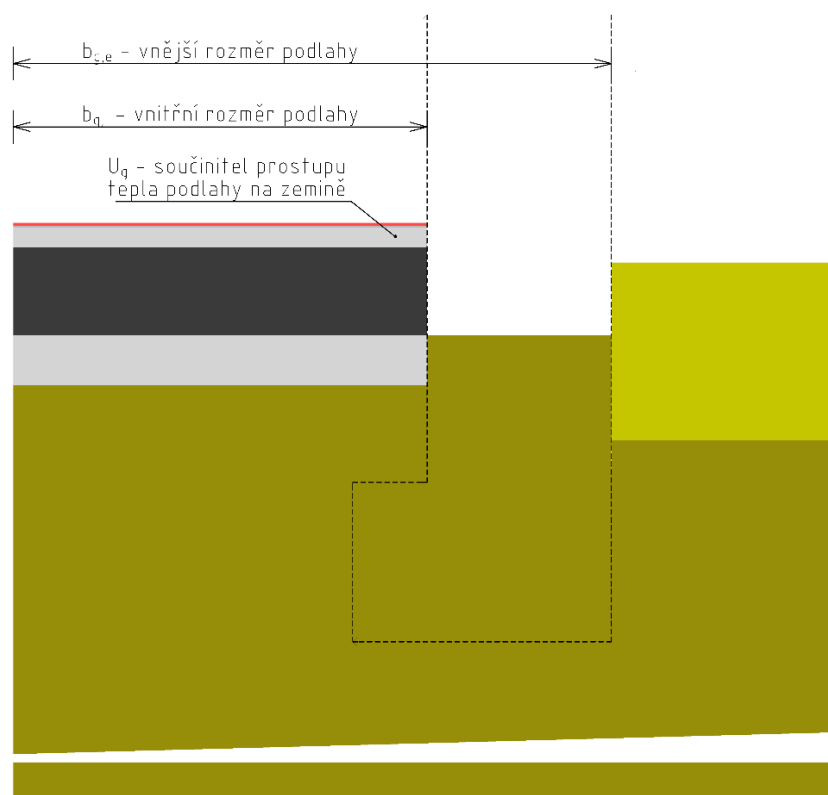
$$\psi = L^{2D} - U_w \cdot b_w - L_g^{2D} \cdot \frac{b_{g,i}}{b_{g,e}} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$$

kde  $L^{2D}$  vypočtená tepelná propustnost celého stavebního detailu [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ];  
 $U_w$  součinitel prostupu tepla stěny [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ];  
 $b_w$  celková výška stěny od podlahy [m];  
 $L_g^{2D}$  vypočtená tepelná propustnost podlahou včetně vlivu zeminy [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ];  
 $b_{g,i}$  rozměr podlahy od adiabatické hranice detailu k vnitřní hraně stěny [m];  
 $b_{g,e}$  rozměr podlahy od adiabatické hranice detailu k vnější hraně stěny [m].

Výpočet tepelné propustnosti  $L^{2D}$  se provede pro kompletní stavební detail (*obr. 14*) včetně všech podmínek uvedených v *kap. 1.3.2*. Zjištění hodnoty tepelné propustnosti  $L_g^{2D}$  se realizuje na upraveném modelu (*obr. 15*), kde není zadána obvodová stěna a základ objektu je nahrazen zeminou. Musí se ovšem taktéž změnit okrajové podmínky takto upraveného detailu. V detailu se bude nacházet vnitřní okrajová podmínka o délce  $b_{g,i}$  a samozřejmě okrajová podmínka na vnější straně zeminy (v místě obvodové stěny je adiabatická hranice).



Obr. 14 – Model stavebního detailu stěna/podlaha na zemině pro výpočet  $L^{2D}$



Obr. 15 – Model stavebního detailu stěna/podlaha na zemině pro výpočet  $L_g^{2D}$

## 2.1.4 Měrná ztráta prostupem tepla se zahrnutím vlivu tepelných vazeb

Po zjištění všech lineárních a bodových činitelů prostupu tepla jsme schopni vyčíslit celkovou měrnou ztrátu prostupem tepla celé řešené budovy. Měrná ztráta prostupem  $H_T$  se stanoví zjednodušeným postupem dle ČSN EN 12 831 [26].

$$H_T = \sum (A_j \cdot U_j \cdot b_j) + \sum (\psi_j \cdot l_j \cdot b_j) + \sum (\chi_j \cdot b_j) \left[ \frac{W}{K} \right]$$

kde	$A_j$	plocha j-té ochlazované konstrukce na systémové hranici budovy [ $m^2$ ];
	$U_j$	součinitel prostupu tepla j-té dílčí ochlazované konstrukce [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ];
	$b_j$	činitel teplotní redukce j-té konstrukce [-];
	$\psi_j$	vypočtený lineární činitel prostupu tepla j-té tepelné vazby [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ];
	$l_j$	délka j-té lineární tepelné vazby mezi konstrukcemi v rámci budovy [m];
	$\chi$	vypočtený bodový činitel prostupu tepla j-té tepelné vazby [ $W \cdot K^{-1}$ ].

Ve chvíli, kdy máme k dispozici měrnou tepelnou ztrátu prostupem, včetně vlivu tepelných vazeb, můžeme vyčíslit průměrný součinitel prostupu tepla budovy. Hodnota tohoto součinitele je velmi významná pro energetické výpočty, jelikož se porovnává s průměrnou hodnotou součinitelem prostupu tepla referenční budovy. Průměrný součinitel prostupu tepla celého objektu se vypočte podle tohoto vztahu:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

kde	$H_T$	měrná tepelná ztráta prostupem s vlivem tepelných vazeb [ $W \cdot K^{-1}$ ];
	$A$	plocha všech ochlazovaných konstrukcí ohraničující objem budovy nebo její vytápěné zóny, spočítané na systémové hranici objektu [ $m^2$ ].

### 2.1.5 Vliv tepelných vazeb na stavební tepelně – technické výpočty

Dopad tepelných vazeb na výslednou tepelnou ztrátu objektu může být v některých případech nezanedbatelný. Abychom tento účinek tepelných vazeb mohli klasifikovat, byl zaveden normou ČSN 73 0540-2 přídavek [22], který se připočte k průměrnému součiniteli prostupu tepla objektu  $U_{em}$ . V letech minulých, kdy nebyl vliv tepelných vazeb tolik významný, se běžně používala fixní hodnota  $\Delta U_{tbn} = 0,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Díky této hodnotě měl energetický specialista ulehčený průběh výpočtu, jelikož se vyvarovat složitému počítání lineárních a bodových činitelů prostupu tepla. Ovšem tento postup je možný jen u starších objektů, kde mají konstrukce hodnotu součinitele prostupu tepla přibližně  $1,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . U nových, výrazně tepelně – izolovaných budov, by byl tento přídavek nadlimitní (zejména u nízkoenergetických a pasivních domů).

Nejspolehlivější cestou ke zjištění přídávku  $\Delta U_{tbn}$  je výpočet hodnot lineárních a bodových činitelů prostupu tepla, ze kterých se posléze přídavek vyhodnotí pomocí vztahu:

- a) pro lineární tepelné vazby mezi konstrukcemi

$$\Delta U_{tbn} = \frac{\sum(\psi_j \cdot l_j \cdot b_j)}{A} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

- b) pro bodové tepelné vazby mezi konstrukcemi

$$\Delta U_{tbn} = \frac{\sum(\chi_j \cdot b_j)}{A} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

kde	$\psi_j$	vypočtený lineární činitel prostupu tepla j-té tepelné vazby [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ];
	$l_j$	délka j-té lineární tepelné vazby mezi konstrukcemi v rámci budovy [m];
	$b_j$	činitel teplotní redukce j-té konstrukce [-];
	$\chi$	vypočtený bodový činitel prostupu tepla j-té tepelné vazby [ $\text{W} \cdot \text{K}^{-1}$ ];
	$A$	plocha všech ochlazovaných konstrukcí ohraničující objem budovy nebo její vytápěné zóny, spočítané na systémové hranici objektu [ $\text{m}^2$ ].

## **B. Výpočtová část**



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

**HODNOCENÍ KONSTRUKČNÍCH DETAILŮ BUDOV  
Z POHLEDU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI**

CONSTRUCTION DETAILS OF BUILDINGS EVALUATION FROM ENERGY DEMAND  
POINT OF VIEW

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**B – VÝPOČTOVÁ ČÁST**

B – CALCULATING PART

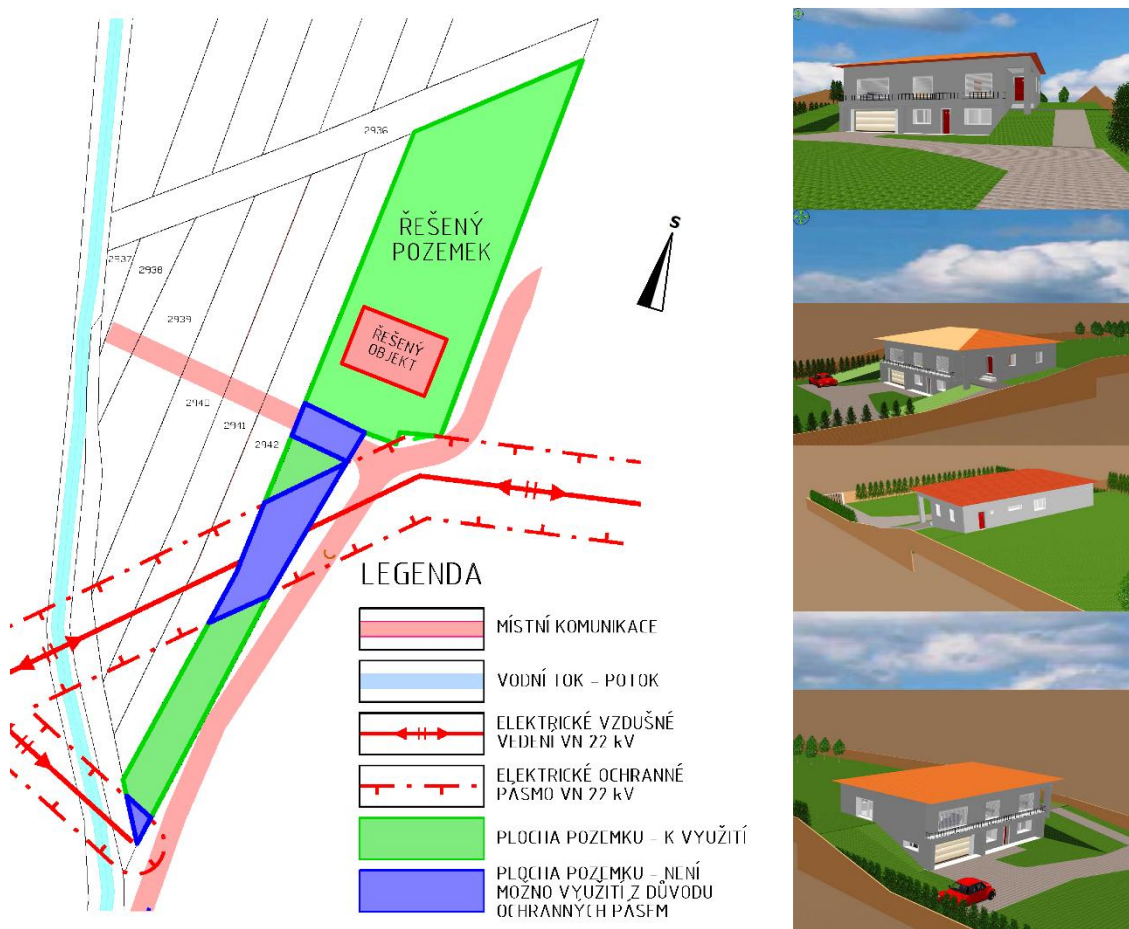
### 3. Energetické hodnocení rodinného domu dle vyhlášky 78/2013 Sb.

Energetické hodnocení zadaného rodinného domu je provedeno dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov [27].

#### 3.1 Lokalizace, zónování a technická charakteristika objektu

- **Umístění objektu**

Objekt rodinného domu s velmi nízkou energetickou náročností bude situován v obci *Dolní Němčí* (okres Uherské hradiště) na parcele č. 2943 v katastrálním území *Dolní Němčí*. Umístění domu na parcele objektu a orientaci ke světovým stranám ilustruje *obr. 16*.



Obr. 16 – Umístění budoucí stavby na pozemku investora a vizualizace objektu

- **Zónování objektu**

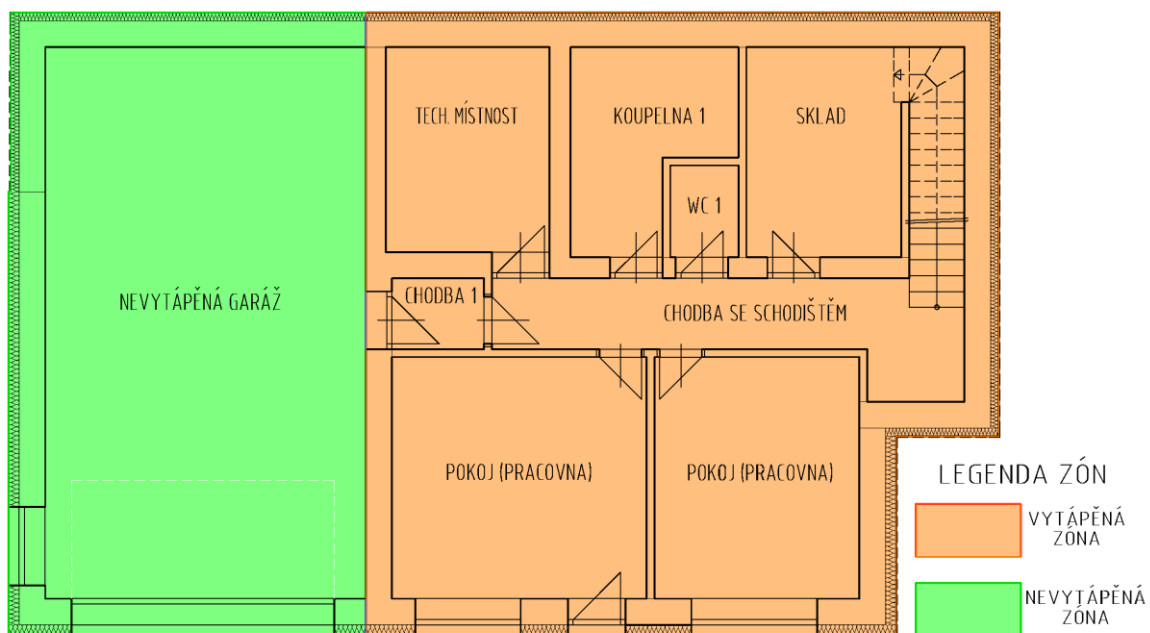
Objekt rodinného domu byl pro účely zpracování průkazu energetické náročnosti budovy rozdělen do dvou tepelných zón dle pravidel normy ČSN EN ISO 13 790 [34]. Rozdělení zón v 1. NP ilustruje *obr. 17*. V tomto podlaží se vyskytují obě tepelné zóny – nevytápěná zóna garáže a vytápěná zóna obytných místností. Ve druhém nadzemním podlaží se vyskytuje pouze zóna vytápěná, což zdárně představuje *obr. 18*. Technické parametry jednotlivých zón pro zpracování průkazu energetické náročnosti budovy jsou obsaženy v *tab. 7*.

Číslo zóny	Název zóny	
1	Vytápěná zóna – obytná zóna	
	Profil hodnocené zóny:	Nová budova – rodinný dům
	Celková vnitřní podlahová plocha:	260,0 m <sup>2</sup>
	Celková energeticky vztažná plocha:	353,1 m <sup>2</sup>
	Převažující vnitřní teplota:	20 °C
	Výpočtová doba vytápění:	168 h/týden
	Celkový vnější objem zóny:	1 324,2 m <sup>3</sup>
	Celkový vnitřní objem zóny:	697,1 m <sup>3</sup>
	Celková plocha systémové hranice:	845,3 m <sup>2</sup>
	Výpočtová doba provozu VZT zařízení:	17 h/den
	Přirážka na tepelné vazby $\Delta U_{em}$ :	-0,00161 W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup>
Číslo zóny	Název zóny	
2	Nevytápěná zóna – nevytápěná garáž	
	Profil hodnocené zóny:	Sousední nevytápěná
	Celková vnitřní podlahová plocha:	64,05 m <sup>2</sup>
	Celkový vnější objem zóny:	269,4 m <sup>3</sup>
	Celkový vnitřní objem zóny:	179,3 m <sup>3</sup>
	Celková plocha systémové hranice:	300,5 m <sup>2</sup>
	Přirážka na tepelné vazby $\Delta U_{em}$ :	0,02 W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup>

*Tab. 7 – Parametry zón pro zpracování průkazu energetické náročnosti budovy*

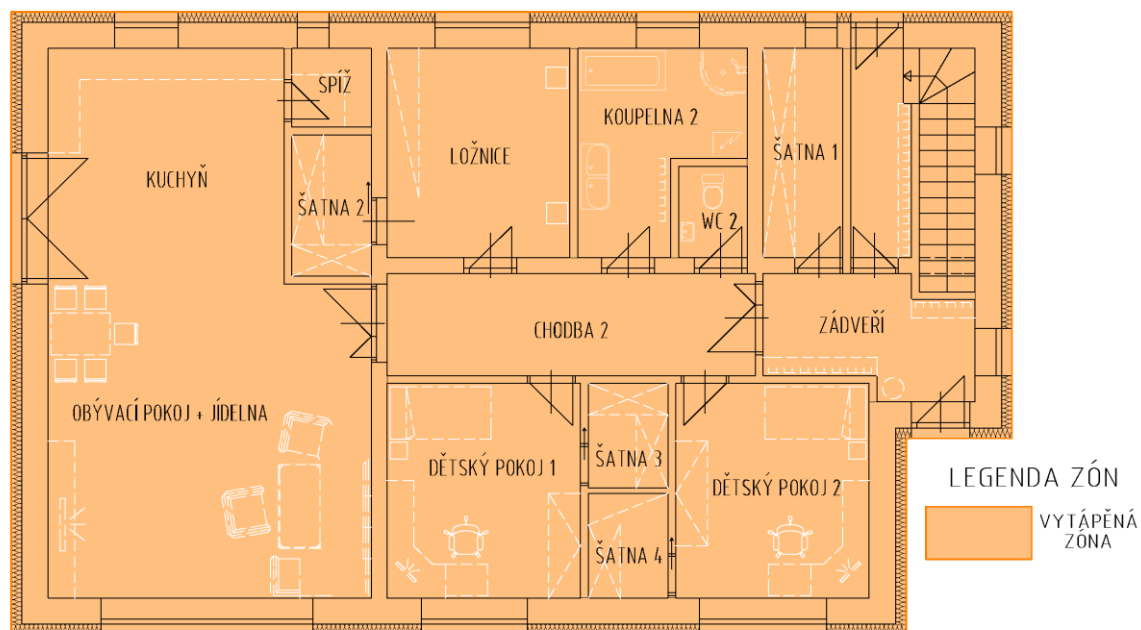


PŮDORYS 1. NP



Obr. 17 – Zónování objektu – 1. NP

PŮDORYS 2. NP



Obr. 18 – Zónování objektu – 2. NP

- **Stavebně – technická charakteristika objektu**

Novostavba rodinného domu je tvořena 2. podlažími, z čehož první podlaží je z velké části přilehlé k zemině (severní, východní a západní strana). V tomto podlaží je umístěna garáž pro 1. osobní automobil, technická místnost a zbylou část tvoří místnosti pro účely bydlení (stejně je tomu i ve 2. nadzemním podlaží). Střecha objektu bude valbová z dřevěných sbíjených vazníků, vnější i vnitřní zdivo bude z keramických tvarovek, vodorovné nosné konstrukce budou složeny z keramických tvarovek. Místo a celá stavba bude založena na betonových pasech.

Vnější nosné zdivo přilehlé k zemině bude zrealizováno z keramických tvarovek Heluz Family 50 ( $\lambda = 0,081 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) a z vnější strany bude zdivo opatřeno tepelnou izolací z XPS o tloušťce 160 mm ( $\lambda = 0,035 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ). Vnější nosné zdivo k venkovnímu prostředí bude zrealizováno z keramických tvarovek Heluz Family 50 2in1 ( $\lambda = 0,058 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) a z vnější strany bude zdivo opatřeno tepelnou izolací z EPS 70F o tloušťce 200 mm ( $\lambda = 0,039 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ). Tepelná izolace podlahy na zemině bude tvořena EPS 100S o celkové tloušťce 280 mm ( $\lambda = 0,037 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ), strop pod nevytápěnou půdou EPS 70F o celkové tloušťce 200 mm ( $\lambda = 0,039 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) a minerální vlna o celkové tloušťce 500 mm ( $\lambda = 0,039 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ). Zasklení oken bude provedeno z tepelně – izolačních trojskel o celkovém součiniteli prostupu tepla  $U_w = 0,74 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ), celkový součinitel prostupu dveřmi bude  $U_D = 0,82 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ).

Vytápění a příprava teplé vody (40 l/osoba za den) bude uskutečněna pomocí tepelného čerpadla typu země – voda o jmenovitém topném faktoru  $COP = 4,3 \text{ W/W}$ . Výměna vzduchu v objektu bude zajištěna vzduchotechnickou jednotkou s účinností zpětného získávání tepla  $\eta = 79,8 \%$  (hodnota účinnosti snížena o 10 % oproti hodnotě udané výrobcem). Výměna vzduchu pro provoz vzduchotechniky byla výpočtem stanovena na hodnotu 210 m<sup>3</sup>/h.

Podrobný výpis veškerých skladeb tvořících obálku budovy je obsažen v následující kapitole, ve které je rovněž zpracován průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č. 78/2013 o energetické náročnosti budov [27]. Průkaz energetické náročnosti budovy byl zpracován pomocí programů *Tepelný výkon* (TV) a *Tepelná ochrana budov* (TOB) od společnosti Protech spol. s r.o. [29].

## 3.2 Průkaz energetické náročnosti budovy, protokol a skladby konstrukcí

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	
vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov	
Ulice, číslo: <b>Dolní Němčí, bez č.p.</b>	
PSČ, místo: <b>parc. č.: 2943, Dolní Němčí</b>	
Typ budovy: <b>Rodinný dům</b>	
Plocha obálky budovy: <b>845,32 m<sup>2</sup></b>	
Objemový faktor tvaru A/V: <b>0,64 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></b>	
Celková energeticky vztažná plocha: <b>353,10 m<sup>2</sup></b>	

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY		
Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)	
Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)		
<div>Mimořádně úsporná <b>A</b></div> <div>70</div> <div><b>32</b> <b>A</b></div>	<div>84</div> <div><b>39</b></div>	
<div>Velmi úsporná <b>B</b></div> <div>105</div> <div><b>B</b></div>	<div>126</div> <div><b>B</b></div>	
<div>Úsporná <b>C</b></div> <div>140</div> <div><b>C</b></div>	<div>168</div> <div><b>C</b></div>	
<div>Méně úsporná <b>D</b></div> <div>210</div> <div><b>D</b></div>	<div>251</div> <div><b>D</b></div>	
<div>Nehospodárna <b>E</b></div> <div>280</div> <div><b>E</b></div>	<div>335</div> <div><b>E</b></div>	
<div>Velmi nehospodárna <b>F</b></div> <div>350</div> <div><b>F</b></div>	<div>419</div> <div><b>F</b></div>	
<div>Mimořádně nehospodárna <b>G</b></div> <div><b>G</b></div>	<div><b>G</b></div>	
<div>Hodnoty pro celou budovu MWh/rok</div> <div><b>11,4</b></div>	<div><b>13,9</b></div>	

## DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

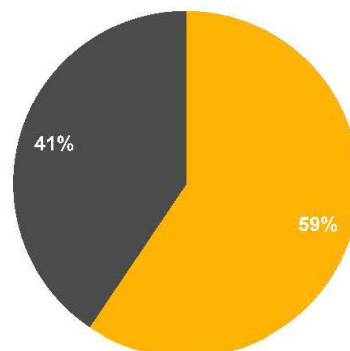
Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení / klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou

Doporučení

## PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok



■ Energie okolí - 6,8  
■ Elektřina ze sítě - 4,6

## UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Dílčí dodané energie					
		Měrné hodnoty kWh(m <sup>2</sup> ·rok)					
Mimořádně úsporná							
<b>A</b>	0,13	12		1			
<b>B</b>							
<b>C</b>						16	
<b>D</b>							3
<b>E</b>							
<b>F</b>							
<b>G</b>							
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		4,1		0,4		5,8	1,2

Zpracovatel: Bc. Milan Císař

Kontakt: 721 251 379

Osvědčení č.: 14XX

Vyhotoveno dne: 18.11.2017

Podpis:

- **Protokol průkazu**

### **Účel zpracování průkazu**

<input checked="" type="checkbox"/> Nová budova	<input type="checkbox"/> Budova užívaná orgánem veřejné moci
<input type="checkbox"/> Prodej budovy nebo její části	<input type="checkbox"/> Pronájem budovy nebo její části
<input type="checkbox"/> Větší změna dokončené budovy	<input type="checkbox"/> Žádost o poskytnutí dotace
<input checked="" type="checkbox"/> Jiný účel zpracování: program Nová zelená úsporám	

### **Základní informace o hodnocené budově**

Identifikační údaje budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popis. číslo, PSČ):	Dolní Němčí, bez č.p. parc. č.: 2943, Dolní Němčí
Katastrální území:	Dolní Němčí (629839)
Parcelní číslo:	2943
Datum uvedení do provozu (nebo předpokládané uvedení do provozu):	předpokl. 2020
Vlastník nebo stavebník:	Ing. Filip Kadlček
Adresa:	U Stadionu XXX 687 62 Dolní Němčí
IČ:	
Telefon:	776 251 0XX
email:	kadlcek.filip@centrum.cz

Typ budovy		
<input checked="" type="checkbox"/> Rodinný dům	<input type="checkbox"/> Bytový dům	<input type="checkbox"/> Budova pro ubytování a stravování
<input type="checkbox"/> Administrativní budova	<input type="checkbox"/> Budova pro zdravotnictví	<input type="checkbox"/> Budova pro vzdělávání
<input type="checkbox"/> Budova pro sport	<input type="checkbox"/> Budova pro obchodní účely	<input type="checkbox"/> Budova pro kulturu
<input type="checkbox"/> Jiné druhy budovy:		

Geometrické charakteristiky budovy		
Parametr	jednotky	hodnota
Objem budovy V (objem částí budovy s upravovaným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	[m <sup>3</sup> ]	1 324,2
Celková plocha obálky A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	[m <sup>2</sup> ]	845,3
Objemový faktor tvaru budovy A/V	[m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,638
Celková energeticky vztažná plocha A <sub>c</sub>	[m <sup>2</sup> ]	353,1

Druhy energie (energonositelé) užívané v budově	
<input type="checkbox"/> Hnědé uhlí	<input type="checkbox"/> Černé uhlí
<input type="checkbox"/> Topný olej	<input type="checkbox"/> Propan – butan / LPG
<input type="checkbox"/> Kusové dřevo, dřevní štěpka	<input type="checkbox"/> Dřevěné peletky
<input type="checkbox"/> Zemní plyn	<input checked="" type="checkbox"/> Elektřina
<input type="checkbox"/> Jiná paliva nebo jiný typ zásobování:	
<input type="checkbox"/> Soustava zásobování tepelnou energií (dálkové teplo):	
<u>podíl OZE:</u> <input type="checkbox"/> do 50 % včetně, <input type="checkbox"/> nad 50 % do 80 %, <input type="checkbox"/> nad 80 %	
<input checked="" type="checkbox"/> Energie okolního prostředí (tepelné čerpadlo)	
<u>účel:</u> <input checked="" type="checkbox"/> na vytápění, <input checked="" type="checkbox"/> pro přípravu teplé vody, <input type="checkbox"/> na výrobu elektrické energie	
Druhy energie dodávané mimo budovu	
<input type="checkbox"/> Elektřina	<input type="checkbox"/> Teplo
<input checked="" type="checkbox"/> Žádné	

## Informace o stavebních prvcích a konstrukcích a technických systémech

### A) stavební prvky a konstrukce

a.1) požadavky na součinitel prostupu tepla						
Konstrukce obálky budovy	Plocha $A_j$	Součinitel prostupu tepla			Činitel teplotní redukce $b_j$	Měrná ztráta prostupu tepla $H_{T,j}$
		Vypočtená hodnota $U_j$		Referenční hodnota $U_{N,20}/U_{rec,20}$		
	[m <sup>2</sup> ]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[-]	[W/K]
SO1 Heluz Family 2in1 + EPS 70F	249,6	0,10	0,30	0,30 / 0,25	1,00	23,9
OJT4 v SO1, na V1	1,9	0,74	1,50	1,50 / 1,20	1,00	1,4
OJT13 v SO1, na V1	1,2	0,74	1,50	1,50 / 1,20	1,00	0,9
OJT12 v SO1, na J1	3,5	0,74	1,50	1,50 / 1,20	1,00	2,6
OJT11 v SO1, na J1	2,9	0,74	1,50	1,50 / 1,20	1,00	2,1
DO1 v SO1, na J1	5,2	0,82	1,70	1,70 / 1,20	1,00	4,2
OJT1 v SO1, na J2	8,2	0,74	1,50	1,50 / 1,20	1,00	6,1
OJT2 v SO1, na J2	4,1	0,74	1,50	1,50 / 1,20	1,00	3,0
OJT3 v SO1, na J2	4,9	0,74	1,50	1,50 / 1,20	1,00	3,6
DO3 v SO1, na S1	2,3	0,82	1,70	1,70 / 1,20	1,00	1,8
OJT5 v SO1, na S1	0,9	0,74	1,50	1,50 / 1,20	1,00	0,7
OJT7 v SO1, na S1	0,9	0,74	1,50	1,50 / 1,20	1,00	0,7
OJT8 v SO1, na S1	2,3	0,74	1,50	1,50 / 1,20	1,00	1,7
OJT9 v SO1, na S1	0,6	0,74	1,50	1,50 / 1,20	1,00	0,4
DB1 v SO1, na Z1	6,1	0,74	1,70	1,70 / 1,20	1,00	4,5
SO4 Heluz 50 broušená + XPS – k zemině	75,2	0,12	0,45	0,45 / 0,30	0,77	6,8
SN1 stěna vnitřní – Heluz Family 2in1	21,9	0,11	0,75	0,75 / 0,50	1,00	2,4
DN1 dveře vnitřní – Dekpir 60	1,8	0,36	3,50	3,50 / 2,30	1,00	0,6
SN2 stěna vnitřní – Heluz Family 38 2in1	16,1	0,16	0,75	0,75 / 0,50	1,00	2,6
STR1 strop nad vytápěnou zónou	217,4	0,09	0,30	0,30 / 0,20	1,00	19,1
PDL1 vnitřní podlaha – temperované garáže	82,7	0,13	0,75	0,75 / 0,50	1,00	10,9
PDL3 podlaha na zemině – vytápěná zóna	135,6	0,15	0,45	0,45 / 0,30	0,50	10,2
<b>Celkem</b>	<b>845,3</b>					<b>110,5</b>

#### **Poznámka**

Hodnocení splnění požadavku ve sloupci Splněno je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v příp. plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

a.2) požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla			
Zóna	Převažující návrhová vnitřní teplota	Objem zóny	Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla zóny
	$\Theta_{im,j}$ [°C]	$V_j$ [m³]	$U_{em,R,j}$ [W/(m²·K)]
Zóna 1 - obytná zóna	20,0	1 324,2	0,35

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	Vypočtená hodnota $U_{em}$ ( $U_{em} = H_T/A$ )	Referenční hodnota $U_{em,R}$ ( $U_{em,R} = \Sigma(V_i \cdot U_{em,R,i})/V$ )	Splněno
	[W/(m²·K)]	[W/(m²·K)]	(ano/ne)
	0,131	0,349	ANO

**Poznámka**

Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy, budovy s téměř nulovou spotřebou energie a u větší změny dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. a) a písm. b).



## B) technické systémy

b.1.a) vytápění							
Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na vytápění	Jmenovitý tepelný výkon	Účinnost výroby energie zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ nebo $COP_{H,gen}$	Účinnost distribuce energie na vytápění $\eta_{H,dis}$	Účinnost sdílení energie na vytápění $\eta_{H,em}$
	[-]	[-]	[%]	[kW]	[%]/[-]	[%]	[%]
Refer. budova	x	x	x	x	80,0	85,0	80,0
obytná zóna	Tepelné čerpadlo: země – voda	Elektřina ze sítě	100,0	4,7	4,30	89,0	94,0

b.1.b) požadavky na účinnost technického systému k vytápění				
Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Účinnost výroby energie zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ nebo $COP_{H,gen}$	Účinnost výroby energie referenčního zdroje tepla $\eta_{H,gen,rq}$ nebo $COP_{H,gen}$	Požadavek splněn
	[-]	[%]/[-]	[%]/[-]	[ano/ne]
obytná zóna	Tepelné čerpadlo: země – voda	4,30	3,0	ANO

### Poznámka

Hodnocení splnění požadavku ve sloupci Splněno je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v příp. plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.3) větrání								
Hodnocená budova / zóna	Typ větracího systému	Energonositel	Tep. výkon	Chladicí výkon	Pokrytí dílčí potřeby energie na větrání	Jmenovitý elektrický příkon systému větrání	Jmenovitý objemový průtok větracího vzduchu	Měrný příkon ventilátoru systému nuceného větrání $SFP_{ahu}$
	[-]	[-]	[kW]	[kW]	[%]	[W]	[m³/hod]	[W·s/m³]
Refer. budova	x	x	x	x	x	x	x	1750
VZT – přívod			0,0	0,0	0	44,0	210	754
VZT – odvod			0,0	0,0	0	29,0	210	497
Budova celkem			0,0	0,0	0	73,0	420	

b.5.a) příprava teplé vody (TV)								
Hodnocená budova / zóna	Systém přípravy TV v budově	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na přípravu teplé vody	Jmen. příkon pro ohřev TV	Objem zásobníku TV	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ nebo $COP_{W,gen}$	Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody $Q_{W,st}$	Měrná tepelná ztráta rozvodů teplé vody $Q_{W,dis}$
	[-]	[-]	[%]	[kW]	[litry]	[%]/[-]	[Wh/(l·den)]	[Wh/(m·den)]
Refer. budova	x	x	x	x	x	85	7	150
obytná zóna	centrální	Elektřina ze sítě	100,0	1,1	180	4,3	7,9	44,7

b.5.b) požadavky na účinnost technického systému k přípravě teplé vody				
Hodnocená budova / zóna	Typ systému k přípravě teplé vody	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ nebo $COP_{W,gen}$	Účinnost referenčního zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen,rq}$ nebo $COP_{W,gen}$	Požadavek splněn
	[-]	[%]/[-]	[%]/[-]	[ano/ne]
obytná zóna	centrální	4,3	3,0	ANO

**Poznámka**

Hodnocení splnění požadavku ve sloupci Splněno je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v příp. plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.6) osvětlení				
Hodnocená budova / zóna	Typ osvětlovací soustavy	Pokrytí dílčí potřeby energie na osvětlení	Celkový elektrický příkon osvětlení budovy	Průměrný měrný příkon pro osvětlení vztažený k osvětlenosti zóny $P_{L,lx}$
	[-]	[%]	[kW]	[W/(m <sup>2</sup> ·lx)]
Referenční budova	x	x	x	0,05
obytná zóna	obytná zóna	100,0	0,421	0,05
Budova celkem			0,421	

## Energetická náročnost hodnocené budovy

a) seznam uvažovaných zón a dílčí dodané energie v budově

Hodnocená budova zóna	Vytápění EP <sub>H</sub>	Chlazení EP <sub>C</sub>	Nucené větrání EP <sub>F</sub>		Příprava teplé vody EP <sub>W</sub>	Osvětlení EP <sub>L</sub>	Výroba z OZE nebo kombinované výroby elektřiny a tepla	
			NV1	NV2			OZE I	OZE E
Zóna 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

b) dílčí dodané energie

	Budova	Potřeba energie	Vypočtená spotřeba energie	Pomocná energie	Dílčí dodaná energie	Měrná dílčí dodaná energie na celkovou energeticky vztahnou plochu A <sub>E</sub>
		[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]
Vytápění	Referenční	21 364	39 273	81	39 354	111,5
	Hodnocená	3 371	4 029	37	4 067	11,5
Chlazení	Referenční	0	0	0	0	0,0
	Hodnocená	0	0	0	0	0,0
Větrání	Referenční			1 267	1 267	3,6
	Hodnocená			376	376	1,1
Úprava vzduchu	Referenční			0	0	0,0
	Hodnocená			0	0	0,0
Příprava TV	Referenční	4 958	7 663	0	7 663	21,7
	Hodnocená	4 958	5 804	0	5 804	16,4
Osvětlení	Referenční	1 169	1 169	0	1 169	3,3
	Hodnocená	1 178	1 178	0	1 178	3,3

c) výroba energie umístěná v budově, na budově nebo na pomocných objektech

Typ výroby	Využitelnost vyrobené energie	Vyrobená energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
jednotky		[kWh/rok]	[-]	[-]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
Kogenerační jednotka EP <sub>CHP</sub> - teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Kogenerační jednotka EP <sub>CHP</sub> - elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Fotovoltaické panely EP <sub>PV</sub> - elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Solární termické systémy Q <sub>H,sc,sys</sub> - teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Jiné	Budova					
	Dodávka mimo budovu					

d) rozdělení dílčích dodaných energií, celkové primární energie a neobnovitelné primární energie podle energonositelů

Ergonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie/ Pomocná energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
	[kWh/rok]	[-]	[-]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
Elektřina ze sítě	4 633	3,2	3,0	14 826	13 899
Energie okolí	6 791	1,0	0,0	6 791	0
<b>Celkem</b>	11 424	x	x	21 617	13 899

**e) požadavek na celkovou dodanou energii**

(6)	Referenční budova	[kWh/rok]	49 452,1	Splněno (ano/ne)	ANO
(7)	Hodnocená budova		11 424,4		
(8)	Referenční budova	[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	140,1		
(9)	Hodnocená budova		32,4		

**f) požadavek na neobnovitelnou primární energii – Výpočet referenční hodnoty požadovaný po 1.1.2015**

(10)	Referenční budova	[kWh/rok]	53 261,0	Splněno (ano/ne)	ANO
(11)	Hodnocená budova		13 899,2		
(12)	Referenční budova	[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	150,8		
(13)	Hodnocená budova		39,4		

**g) primární energie hodnocené budovy**

(14)	Celková primární energie	[kWh/rok]	21 617,2
(15)	Obnovitelná primární energie	[kWh/rok]	7 718,0
(16)	Využití obnovitelných zdrojů energie z hlediska primární energie	[%]	35,7

**Analýza technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie u nových budov a u větší změny dokonč. budov**

Posouzení proveditelnosti				
Alternativní systémy	Místní systémy dodávky energie využívající energii z OZE	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla	Soustava zásobování tepelnou energií	Tepelné čerpadlo
Technická proveditelnost	Ano	Ne	Ne	Ano
Ekonomická proveditelnost	Ne	Ne	Ne	Ano
Ekologická proveditelnost	Ano	Ano	Ne	Ano
<b>Doporučení k realizaci a zdůvodnění</b>	Doporučuji zachovat navržený stav – instalaci tepelného čerpadla na vytápění a přípravu TV. Instalace systémů využívající OZE by již nebyla ekonomická			
<b>Datum vypracování analýzy</b>	18. 11. 2017			
<b>Zpracovatel analýzy</b>	Bc. Milan Císař			
<b>Energetický posudek</b>	povinnost vypracovat energetický posudek		Ne	
	energetický posudek je součástí analýzy		Ne	
	datum vypracování energetického posudku			
	zpracovatel energetického posudku			

**Stanovení doporučených opatření  
pro snížení energetické náročnosti budovy**

Popis opatření			
	Předpokládaná dodaná energie	Předpokládaná úspora celkové dodané energie	Předpokládaná úspora celkové neobnovitelné primární energie
	[MWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
<u>Stavební prvky a konstrukce budovy:</u>			
Opatření jsou již součástí stavební dokumentace – jednotlivé konstrukce splňují doporučené hodnoty U.	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
<u>Technické systémy budovy:</u>			
vytápění			
	0,0	0	0
chlazení			
	0,0	0	0
větrání			
	0,0	0	0
úprava vlhkosti vzduchu			
	0,0	0	0
příprava teplé vody			
	0,0	0	0
osvětlení			
	0,0	0	0
<u>Obsluha a provoz systémů budovy:</u>			
	-	0	0
<u>Ostatní</u>			
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
<b><u>Celkem</u></b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Posouzení vhodnosti doporučených opatření				
Opatření	Stavební prvky a konstrukce budovy	Technické systémy budovy	Obsluha a provoz systémů budovy	Ostatní
Technická vhodnost	Ne	Ne	Ne	Ne
Funkční vhodnost	Ne	Ne	Ne	Ne
Ekonomická vhodnost	Ne	Ne	Ne	Ne
<b>Doporučení k realizaci a zdůvodnění</b>	Opatření jsou již součástí navrženého stavu - tj. jednotlivé stavební konstrukce splňující doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla, z pohledu ČSN 730540 (2011); systémy TZB jsou navrženy na nadstandardní úrovni.			
<b>Datum vypracování doporučených opatření</b>	18. 11. 2017			
<b>Zpracovatel navržených doporučených opatření</b>	Bc. Milan Císař			
<b>Energetický posudek</b>	energetický posudek je součástí posouzení navržených doporučených opatření		Ne	
	datum vypracování energetického posudku			
	zpracovatel energetického posudku			



### **Závěrečné hodnocení energetického specialisty**

<b>Nová budova nebo budova s téměř nulovou spotřebou energie</b>	
Splňuje požadavek podle §6 odst. 1	ANO
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	A
<b>Větší změna dokončené budovy nebo jiná změna dokončené budovy</b>	
Splňuje požadavek podle §6 odst.2 písm. a)	
Splňuje požadavek podle §6 odst.2 písm. b)	
Splňuje požadavek podle §6 odst.2 písm. c)	ANO
Plnění požadavků na energetickou náročnost budovy se nevyžaduje	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Budova užívaná orgánem veřejné moci</b>	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Prodej nebo pronájem budovy nebo její části</b>	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Jiný účel zpracování průkazu</b>	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	A

### **Identifikační údaje energetického specialisty, který zpracoval průkaz**

Jméno a příjmení	Bc. Milan Císař
Číslo oprávnění MPO	14XX
Podpis energetického specialisty	

### **Evidenční číslo ENEX**

Evidenční číslo ENEX	55495.0
----------------------	---------

### **Datum vypracování průkazu**

Datum vypracování průkazu	18.11.2017
---------------------------	------------

### **Zdroj informací**

Zdroj informací	<a href="http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis">http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis</a>
-----------------	---

## • Skladby konstrukcí

Stavba:	Novostavba rodinného domu		
Místo:	Dolní Němčí, na parc. č. 2943	Zadavatel:	Ing. Filip Kadlček
Zpracovatel:	<b>Milan Císař</b>		
Zakázka:	RD_Dolní_Němčí_var.3_na DP	Archiv:	
Projektant:	Bc. Milan Císař	Datum:	5.2.2017
E-mail:	cisar@optimalizacebudov.cz	Telefon:	721 251 379

### Nový stav - rodinný dům

<b>SO1</b>	<b>V1</b>	<b>Heluz Family 2in1 + EPS 70F tl. 200 mm</b>
------------	-----------	---

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vnější (těžká)**,  $\theta_i = 20\text{ °C}$

$$\begin{array}{llll}
 U_{N,20} = \mathbf{0,30} & U_{rec,20} = \mathbf{0,25} & U_{pas,20,h} = \mathbf{0,18} & U_{pas,20,d} = \mathbf{0,12\ W/(m^2.K)} \\
 U_N = \mathbf{0,30} & U_{rec} = \mathbf{0,25} & U_{pas,h} = \mathbf{0,18} & U_{pas,d} = \mathbf{0,12\ W/(m^2.K)}
 \end{array}$$

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,020\ W/(m^2.K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = \mathbf{0,096\ W/(m^2.K)}$

#### Složení konstrukce

č.v.	název materiálu	d mm	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub>	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m².K)/W	U W/(m².K)
R <sub>si</sub>	Odpor při přestupu					0,130	
1	Cemix 073 - vnitřní podklad	15,00	0,480	0,00	0,480	0,031	
2	Family 50 2in1 broušená	500,00	0,058	0,00	0,058	8,621	
3	EPS 70F ( $\lambda_a=0,039$ )	200,00	0,039	0,18	0,046	4,346	
4	Disperzní stěrka	2,00	0,700	0,00	0,700	0,003	
5	Silikonová omítka	2,00	0,700	0,00	0,700	0,003	
R <sub>se</sub>	Odpor při přestupu					0,040	$= (1/R_T) + \Delta U_{tbk}$
	Odpor celkem R <sub>T</sub>					13,174	<b>0,096</b>

#### Stanovení hodnoty Z<sub>TM</sub>

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
3	EPS 70F ( $\lambda_a=0,039$ )	0,039	0,03	0,15	0,00	0,18

<b>SO2</b>	<b>V1</b>	<b>(z2) Heluz 50 broušená + EPS 70F tl. 200 mm</b>
------------	-----------	--

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí**

$$\begin{array}{llll}
 U_{N,20} = \mathbf{0,75} & U_{rec,20} = \mathbf{0,50} & U_{pas,20,h} = \mathbf{0,38} & U_{pas,20,d} = \mathbf{0,25\ W/(m^2.K)} \\
 U_N = \mathbf{0,75} & U_{rec} = \mathbf{0,50} & U_{pas,h} = \mathbf{0,38} & U_{pas,d} = \mathbf{0,25\ W/(m^2.K)}
 \end{array}$$

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,020\ W/(m^2.K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = \mathbf{0,113\ W/(m^2.K)}$

### Složení konstrukce

č.v.	Název materiálu	d mm	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub>	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	R <sub>v</sub> (m².K)/W	U W/(m².K)
R <sub>si</sub>	Odpor při přestupu					0,130	
1	Cemix 073 - vnitřní podklad	15,00	0,480	0,00	0,480	0,031	
2	Family 50 broušená	500,00	0,081	0,00	0,081	6,173	
3	EPS 70F (la=0,039)	200,00	0,039	0,18	0,046	4,346	
4	Disperzní stěrka	2,00	0,700	0,00	0,700	0,003	
5	Silikonová omítka	2,00	0,700	0,00	0,700	0,003	
R <sub>se</sub>	Odpor při přestupu					0,040	= (1/R <sub>T</sub> )+ΔU <sub>tbk</sub>
	Odpor celkem R <sub>T</sub>					10,726	<b>0,113</b>

### Stanovení hodnoty Z<sub>TM</sub>

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
3	EPS 70F (la=0,039)	0,039	0,03	0,15	0,00	0,18

<b>SO3</b>	V1	<b>(z2) Heluz 50 broušená + XPS tl. 160 mm - k zemině</b>
------------	----	---

ČSN 73 0540-2:2011: Stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině

$$\begin{aligned}
 U_{N,20} &= \mathbf{0,85} & U_{rec,20} &= \mathbf{0,60} & U_{pas,20,h} &= \mathbf{0,45} & U_{pas,20,d} &= \mathbf{0,30} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \\
 U_N &= \mathbf{0,85} & U_{rec} &= \mathbf{0,60} & U_{pas,h} &= \mathbf{0,45} & U_{pas,d} &= \mathbf{0,30} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}
 \end{aligned}$$

Korekční činitel ΔU<sub>tbk</sub> = **0,020** W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = **0,111** W/(m².K)

### Složení konstrukce

č.v.		d mm	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub>	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	R <sub>v</sub> (m².K)/W	U W/(m².K)
R <sub>si</sub>	Odpor při přestupu					0,130	
1	Cemix 073 - vnitřní podklad	15,00	0,480	0,00	0,480	0,031	
2	Family 50 broušená	500,00	0,081	0,00	0,081	6,211	
3	Polystyren XPS (la=0,035)	160,00	0,034	0,03	0,035	4,569	
4	Disperzní stěrka	2,00	0,700	0,00	0,700	0,003	
5	Asfaltové pásy a lepenky	5,00	0,210	0,00	0,210	0,024	
R <sub>se</sub>	Odpor při přestupu					0,000	= (1/R <sub>T</sub> )+ΔU <sub>tbk</sub>
	Odpor celkem R <sub>T</sub>					10,968	<b>0,111</b>

### Stanovení hodnoty Z<sub>TM</sub>

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
3	Polystyren XPS (la=0,035)	0,034	0,03	0,00	0,00	0,03

<b>SO4</b>	<b>V1</b>	<b>Heluz 50 broušená + XPS tl. 160 mm - k zemině</b>
------------	-----------	--

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině**

$$\begin{aligned}
 U_{N,20} &= \mathbf{0,45} & U_{rec,20} &= \mathbf{0,30} & U_{pas,20,h} &= \mathbf{0,22} & U_{pas,20,d} &= \mathbf{0,15} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \\
 U_N &= \mathbf{0,45} & U_{rec} &= \mathbf{0,30} & U_{pas,h} &= \mathbf{0,22} & U_{pas,d} &= \mathbf{0,15} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}
 \end{aligned}$$

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,020} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = \mathbf{0,117} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

#### Složení konstrukce

č.v.	Název materiálu	d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
R <sub>si</sub>	Odpor při přestupu					0,130	= (1/R <sub>T</sub> ) + $\Delta U_{tbk}$ <b>0,117</b>
1	Cemix 073 - vnitřní podklad	15,00	0,480	0,00	0,480	0,031	
2	Family 50 broušená	500,00	0,081	0,00	0,081	6,173	
3	Polystyren XPS (la=0,035)	160,00	0,034	0,18	0,040	3,988	
4	Asfaltové pásy a lepenky	5,00	0,210	0,00	0,210	0,024	
R <sub>se</sub>	Odpor při přestupu					0,000	
	Odpor celkem R <sub>T</sub>					10,346	

#### Stanovení hodnoty ZTM

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
3	Polystyren XPS (la=0,035)	0,034	0,03	0,15	0,00	0,18

<b>SN1</b>	<b>V1</b>	<b>Stěna vnitřní - Heluz Family 2in1</b>
------------	-----------	--

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru**

$$\begin{aligned}
 U_{N,20} &= \mathbf{0,75} & U_{rec,20} &= \mathbf{0,50} & U_{pas,20,h} &= \mathbf{0,38} & U_{pas,20,d} &= \mathbf{0,25} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \\
 U_N &= \mathbf{0,75} & U_{rec} &= \mathbf{0,50} & U_{pas,h} &= \mathbf{0,38} & U_{pas,d} &= \mathbf{0,25} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}
 \end{aligned}$$

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,000} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = \mathbf{0,112} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

#### Složení konstrukce

č.v.	název materiálu	d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
R <sub>si</sub>	Odpor při přestupu					0,130	= (1/R <sub>T</sub> ) + $\Delta U_{tbk}$ <b>0,112</b>
1	Cemix 073 - vnitřní podklad	15,00	0,480	0,00	0,480	0,031	
2	Family 50 2in1 broušená	500,00	0,058	0,00	0,058	8,621	
3	Cemix 073 - vnitřní podklad	20,00	0,480	0,00	0,480	0,042	
R <sub>se</sub>	Odpor při přestupu					0,130	
	Odpor celkem R <sub>T</sub>					8,954	

<b>SN2</b>	<b>V1</b>	<b>Stěna vnitřní - Heluz Family 38 2in1</b>
------------	-----------	---

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru**

$$\begin{aligned}
 U_{N,20} &= \mathbf{0,75} & U_{rec,20} &= \mathbf{0,50} & U_{pas,20,h} &= \mathbf{0,38} & U_{pas,20,d} &= \mathbf{0,25} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \\
 U_N &= \mathbf{0,75} & U_{rec} &= \mathbf{0,50} & U_{pas,h} &= \mathbf{0,38} & U_{pas,d} &= \mathbf{0,25} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}
 \end{aligned}$$

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,000} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = \mathbf{0,164} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

#### Složení konstrukce

č.v.	název materiálu	d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
R <sub>si</sub>	Odpor při přestupu					0,130	= (1/R <sub>T</sub> ) + ΔU <sub>tbk</sub> <b>0,164</b>
1	Cemix 073 - vnitřní podklad	15,00	0,480	0,00	0,480	0,031	
2	Family 38 2in1 broušená	380,00	0,066	0,00	0,066	5,758	
3	Cemix 073 - vnitřní podklad	15,00	0,480	0,00	0,480	0,031	
R <sub>se</sub>	Odpor při přestupu					0,130	
	Odpor celkem R <sub>T</sub>					6,080	

<b>PDL1</b>	<b>V1</b>	<b>Vnitřní podlaha – k temperované garáži</b>
-------------	-----------	---

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru**

$$\begin{aligned}
 U_{N,20} &= \mathbf{0,75} & U_{rec,20} &= \mathbf{0,50} & U_{pas,20,h} &= \mathbf{0,38} & U_{pas,20,d} &= \mathbf{0,25} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \\
 U_N &= \mathbf{0,75} & U_{rec} &= \mathbf{0,50} & U_{pas,h} &= \mathbf{0,38} & U_{pas,d} &= \mathbf{0,25} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}
 \end{aligned}$$

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,020} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = \mathbf{0,132} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

#### Složení konstrukce

č.v.		d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
R <sub>si</sub>	Odpor při přestupu					0,170	= (1/R <sub>T</sub> ) + ΔU <sub>tbk</sub> <b>0,132</b>
1	Masivní dřevěná podlaha	14,00	0,180	0,00	0,180	0,078	
2	Beton hutný (2200)	70,00	1,100	0,00	1,100	0,064	
3	Parozábrana	0,20		0,00		0,000	
4	EPS 100, 150, šedý	260,00	0,031	0,03	0,032	8,143	
5	Vyrovňovací stěrka	0,80	0,480	0,00	0,480	0,002	
6	MIKO strop 250 mm	250,00	0,862	0,00	0,862	0,290	
7	Cemix 073 - vnitřní podklad	15,00	0,480	0,00	0,480	0,031	
R <sub>se</sub>	Odpor při přestupu					0,170	
	Odpor celkem R <sub>T</sub>					8,947	

#### Stanovení hodnoty ZTM

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
4	EPS 100, 150, šedý	0,031	0,03	0,00	0,00	0,03

<b>PDL2</b>	<b>V1</b>	<b>(z2) podlaha na zemině - garáž</b>
-------------	-----------	---------------------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha temperovaného prostoru přilehlá k zemině**

$$\begin{aligned}
 U_{N,20} &= \mathbf{0,85} & U_{rec,20} &= \mathbf{0,60} & U_{pas,20,h} &= \mathbf{0,45} & U_{pas,20,d} &= \mathbf{0,30} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \\
 U_N &= \mathbf{0,85} & U_{rec} &= \mathbf{0,60} & U_{pas,h} &= \mathbf{0,45} & U_{pas,d} &= \mathbf{0,30} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}
 \end{aligned}$$

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,020} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = \mathbf{0,342} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

#### Složení konstrukce

č.v.	název materiálu	d mm	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub>	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
R <sub>si</sub>	Odpor při přestupu					0,170	
1	Anhydrit	60,00	1,200	0,00	1,200	0,050	
2	Beton hutný (2200)	80,00	1,100	0,00	1,100	0,073	
3	EPS 150S (la=0,035)	100,00	0,035	0,03	0,036	2,774	
4	Vyrovnávací stěrka	5,00	0,480	0,00	0,480	0,010	
5	Asfaltové pásy a lepenky	5,00	0,210	0,00	0,210	0,024	
R <sub>se</sub>	Odpor při přestupu					0,000	= (1/R <sub>T</sub> )+ $\Delta U_{tbk}$
	Odpor celkem R <sub>T</sub>					3,101	<b>0,342</b>

#### Stanovení hodnoty Z<sub>TM</sub>

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
3	EPS 150S (la=0,035)	0,035	0,03	0,00	0,00	0,03

<b>PDL3</b>	<b>V1</b>	<b>Podlaha na zemině - vytápěná zóna</b>
-------------	-----------	--

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině**

$$\begin{aligned}
 U_{N,20} &= \mathbf{0,45} & U_{rec,20} &= \mathbf{0,30} & U_{pas,20,h} &= \mathbf{0,22} & U_{pas,20,d} &= \mathbf{0,15} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \\
 U_N &= \mathbf{0,45} & U_{rec} &= \mathbf{0,30} & U_{pas,h} &= \mathbf{0,22} & U_{pas,d} &= \mathbf{0,15} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}
 \end{aligned}$$

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,020} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = \mathbf{0,150} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

#### Složení konstrukce

č.v.	název materiálu	d mm	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub>	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
R <sub>si</sub>	Odpor při přestupu					0,170	
1	Anhydrit	60,00	1,200	0,00	1,200	0,050	
2	Beton hutný (2200)	70,00	1,100	0,00	1,100	0,064	
3	EPS 100S (la=0,037)	280,00	0,037	0,03	0,038	7,347	
4	Vyrovnávací stěrka	5,00	0,480	0,00	0,480	0,010	
5	Asfaltové pásy a lepenky	5,00	0,210	0,00	0,210	0,024	
R <sub>se</sub>	Odpor při přestupu					0,000	= (1/R <sub>T</sub> )+ $\Delta U_{tbk}$
	Odpor celkem R <sub>T</sub>					7,665	<b>0,150</b>

#### Stanovení hodnoty Z<sub>TM</sub>

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
3	EPS 100S (la=0,037)	0,037	0,03	0,00	0,00	0,03

<b>STR1</b>	<b>V1</b>	<b>Strop nad vytápěnou zónou</b>
-------------	-----------	----------------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)**

$$\begin{aligned}
 U_{N,20} &= \mathbf{0,30} & U_{rec,20} &= \mathbf{0,20} & U_{pas,20,h} &= \mathbf{0,15} & U_{pas,20,d} &= \mathbf{0,10} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \\
 U_N &= \mathbf{0,30} & U_{rec} &= \mathbf{0,20} & U_{pas,h} &= \mathbf{0,15} & U_{pas,d} &= \mathbf{0,10} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}
 \end{aligned}$$

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,020} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , Vypočítaná hodnota  $U = \mathbf{0,088} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

#### Složení konstrukce

č.v.	název materiálu	d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
$R_{si}$	Odpor při přestupu					0,100	
1	Cemix 073 - vnitřní podklad	15,00	0,480	0,00	0,480	0,031	
2	MIAKO strop 250 mm	250,00	0,862	0,00	0,862	0,290	
3	Parozábrana	0,20		0,00		0,000	
4	EPS 70F ( $\lambda_a=0,039$ )	200,00	0,039	0,20	0,047	4,272	
5	Min. vlna ( $\lambda_a=0,039$ )	500,00	0,039	0,28	0,050	9,979	
$R_{se}$	Odpor při přestupu					0,100	$= (1/R_T) + \Delta U_{tbk}$
	Odpor celkem $R_T$					14,772	<b>0,088</b>

#### Stanovení hodnoty ZTM

č.v.	název materiálu	$\lambda$ W/(m.K)	Podíl %	$Z_{TM}$ Vlhkost	$Z_{TM}$ Kotvení	$Z_{TM}$ Nehomogenní vrstvy	$Z_{TM}$ Celkem
4a	EPS 70F ( $\lambda_a=0,039$ )	0,039	95	0,03	0,00	0,17	0,20
4b	Dřevo měkké kolmo k vláknům	0,180	5				
5a	Min. vlna ( $\lambda_a=0,039$ )	0,039	95	0,07	0,00	0,21	0,28
5b	Dřevo měkké kolmo k vláknům	0,180	5				

## 4. Použití metod aplikovaných v energetickém auditu na zadaném rodinném domě

Při energetickém hodnocení bylo využito metod a postupů kladených na energetický audit dle vyhlášky č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku [28].

### 4.1 Výchozí a skutečný stav objektu

- **Výchozí stav objektu**

Za výchozí stav je uvažován objekt rodinného domu, ke kterému byl zpracován Průkaz energetické náročnosti budov v *kap. 3.1*, a to v minimálním provedení splnění vyhlášky č. 78/2013 Sb. [27]. V tomto výchozím stavu je tedy uvažováno s konstrukcemi se součiniteli prostupu tepla navrženými na doporučené hodnoty. Vytápění objektu a příprava teplé vody je řešena prostřednictvím elektrokotle (70 %) a krbu s uzavřeným topeništěm (30 %). Větrání objektu je zajištěno, stejně jako je tomu u objektu v *kap. 3.1*, vzduchotechnickou jednotkou s účinností zpětného získávání tepla 79,8 %.

Vyhodnocení výchozího stavu spočívá v tom, že je zpracováno porovnání energetické a finanční náročnosti objektu s objektem zpracovaném v *kap. 3.1*. Předpokladem je fakt, že výchozí objekt bude vyhodnocen negativněji z hlediska energetické náročnosti, avšak z hlediska finanční náročnosti, bude výchozí objekt vyhodnocen pozitivněji.

První fáze výpočtu (*tab. 8*) ukazuje celkovou částku v korunách, která je nutná k realizaci výchozího objektu, a to z hlediska nákladů na pořízení stavebních materiálů a výplní otvorů (v této tabulce není započtena cena za montáž a stavební práce). Za účelem zjednodušení jsou vyjádřeny pouze prvky, které nejsou obsaženy v objektu zpracovaném dle *kap. 3.1*. Znamená to tedy, že není vyjádřena cena, za kterou by klient výchozí stav zrealizoval, ale přídatná cena, kterou by klient musel zaplatit navíc k ostatním konstrukcím, které nemusely být předmětem řešení. Aby výsledná cena odpovídala více realitě, je nutné k ní přičíst celkovou částku za montážní a stavební práce (*tab. 9*). Celkovou cenu za provedení daných opatření jednotlivých konstrukcí (stavební materiály + stavební práce) vyjadřuje *tab. 10*.



Rodinný dům zpracovaný v rámci splnění vyhlášky 78/2013 Sb. (nová budova)							
Stavební materiály a výplně konstrukcí							
Označ. k - ce	Název materiálu	Tl. [m]	Měrná spotřeba [m. jedn.]	Četnost v objektu [jedn.]	Spotřeba [jedn.]	Cena za m.j [Kč/ m. j.]	Celková cena [Kč]
SO1	Heluz Family 50 broušená	0,500	16 ks/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	2 663 ks	94,7 Kč/ks	252 190
	Podklad Cemix 052 cement. postřík	0,003	4,7 kg/m <sup>2</sup>	167,44 m <sup>2</sup>	787 kg	5,5 Kč/kg	4 304
	Cemix 032 jádrová omítka lehčená	0,015	15,0 kg/m <sup>2</sup>	167,44 m <sup>2</sup>	2 512 kg	7,4 Kč/kg	18 538
	Cemix 023 vnější štuk	0,003	4,1 kg/m <sup>2</sup>	167,44 m <sup>2</sup>	687 kg	5,2 Kč/kg	3 571
	Cemix penetrace ASN COLOR	-	0,3 kg/m <sup>2</sup>	167,44 m <sup>2</sup>	42 kg	95,6 Kč/kg	4 001
	Cemix silikonová omítka COMFORT	0,002	2,8 kg/m <sup>2</sup>	167,44 m <sup>2</sup>	469 kg	104,1 Kč/kg	48 805
SO2	Podklad Cemix 052 cement. postřík	0,003	4,7 kg/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	151 kg	5,5 Kč/kg	825
	Cemix 032 jádrová omítka lehčená	0,015	15,0 kg/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	482 kg	7,4 Kč/kg	3 554
	Cemix 023 vnější štuk	0,003	4,1 kg/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	132 kg	5,2 Kč/kg	685
	Cemix penetrace ASN COLOR	-	0,3 kg/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	8 kg	95,6 Kč/kg	767
	Cemix silikonová omítka COMFORT	0,002	2,8 kg/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	90 kg	104,1 Kč/kg	9 357
SN1	Heluz Family 50 broušená	0,500	16 ks/m <sup>2</sup>	21,9 m <sup>2</sup>	350 ks	94,7 Kč/ks	33 183
SN2	Heluz STI 38 broušená	0,380	16,0 ks/m <sup>2</sup>	16,1 m <sup>2</sup>	258 ks	63,9 Kč/ks	16 461
PDL1	Polystyren EPS 100 S (λ=0,037)	0,060		82,7 m <sup>2</sup>		106,3 Kč/m <sup>2</sup>	8 791
PDL2	Polystyren EPS 150 S (λ=0,037)	0,060		80,4 m <sup>2</sup>		128,1 Kč/m <sup>2</sup>	10 299
PDL3	Polystyren EPS 100 S (λ=0,037)	0,140		135,4 m <sup>2</sup>		248,0 Kč/m <sup>2</sup>	33 579
STR1	Minerální vata (λ=0,039)	2×0,140		217,4 m <sup>2</sup>		67,1 Kč/m <sup>2</sup>	29 175
DO1-3	Dveře Oknostyl ENERGY plus	-		7,54 m <sup>2</sup>		7 440 Kč/m <sup>2</sup>	56 098
OJD1	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		8,2 m <sup>2</sup>		2 686 Kč/m <sup>2</sup>	22 025
OJD2	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		4,1 m <sup>2</sup>		2 686 Kč/m <sup>2</sup>	11 013
OJD3	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		4,92 m <sup>2</sup>		2 686 Kč/m <sup>2</sup>	13 215
OJD4	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		1,89 m <sup>2</sup>		2 135 Kč/m <sup>2</sup>	4 035
OJD5	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		0,45 m <sup>2</sup>		2 064 Kč/m <sup>2</sup>	929
OJD6	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		0,45 m <sup>2</sup>		2 064 Kč/m <sup>2</sup>	929
OJD7	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		0,9 m <sup>2</sup>		2 064 Kč/m <sup>2</sup>	1 858
OJD8	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		2,34 m <sup>2</sup>		2 128 Kč/m <sup>2</sup>	4 980
OJD9	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		0,6 m <sup>2</sup>		2 064 Kč/m <sup>2</sup>	1 238
OJD10	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		0,75 m <sup>2</sup>		2 064 Kč/m <sup>2</sup>	1 548
OJD11	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		2,9 m <sup>2</sup>		2 686 Kč/m <sup>2</sup>	7 789
OJD12	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		3,48 m <sup>2</sup>		2 686 Kč/m <sup>2</sup>	9 347
OJD13	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		1,22 m <sup>2</sup>		2 135 Kč/m <sup>2</sup>	2 605
DB1	Okna Oknostyl ENERGY plus	-		6,13 m <sup>2</sup>		2 686 Kč/m <sup>2</sup>	16 465
Celková cena za stavební materiály a výplně otvorů :							632 159

Tab. 8 – Celková cena za stavební materiály a výplně otvorů výchozího stavu objektu

Rodinný dům zpracovaný v rámci splnění vyhlášky 78/2013 Sb. (nová budova)				
Stavební a montážní práce				
Označ. k - ce	Název stavební práce	Měrná cena [m. jedn.]	Četnost v objektu [jedn.]	Celková cena [Kč]
SO1	Ruční provedení - cementový postřik - stěna	44 Kč/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	7 323
	Ruční provedení - jádrová omítka do 20 mm - stěna	114 Kč/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	18 974
	Ruční provedení - vnější štuk - stěna	80 Kč/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	13 315
	Ruční provedení - penetrace válečkem - stěna	7 Kč/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	1 165
	Ruční provedení - silikonová omítka do 3 mm - stěna	58 Kč/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	9 654
SO2	Ruční provedení - cementový postřik - stěna	44 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	1 412
	Ruční provedení - jádrová omítka do 20 mm - stěna	114 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	3 659
	Ruční provedení - vnější štuk - stěna	80 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	2 568
	Ruční provedení - penetrace válečkem - stěna	7 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	225
	Ruční provedení - silikonová omítka do 3 mm - stěna	58 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	1 862
PDL1	Pokládka polystyrenu na podlahu (1 vrstva)	35 Kč/m <sup>2</sup>	82,7 m <sup>2</sup>	2 895
PDL2	Pokládka polystyrenu na podlahu (1 vrstva)	35 Kč/m <sup>2</sup>	80,4 m <sup>2</sup>	2 814
PDL3	Pokládka polystyrenu na podlahu (1 vrstva)	35 Kč/m <sup>2</sup>	135,4 m <sup>2</sup>	4 739
STR1	Pokládka minerální vaty (2 vrstvy)	90 Kč/m <sup>2</sup>	217,4 m <sup>2</sup>	19 566
	Montáž výplní otvorů (dle skutečné cenové nabídky)			30 626
<b>Celková cena za stavební práce:</b>				<b>120 797</b>

Tab. 9 – Celková cena za stavební práce výchozího stavu objektu

Rodinný dům zpracovaný v rámci splnění vyhlášky 78/2013 Sb. (nová budova)		
Stavební materiály a výplně konstrukcí		
Položka	Název položky	Cena za položku [Kč]
1	Stavební materiály a výplně konstrukcí	632 159
Stavební a montážní práce		
2	Stavební a montážní práce	120 797
Technické systémy budovy		
3	Elektrokotel Therm EL 8- pořizovací cena a instalace	45 651
4	Krbová kamna Aledo 01- pořizovací cena (včetně komínu)	95 900
<b>Celková cena za stavební materiály, práce a technické systémy:</b>		<b>894 507 Kč</b>

Tab. 10 – Celková cena za stavební materiály, práce a technické systémy výchozího objektu

- Skutečný stav objektu**

Za skutečný stav je uvažován objekt rodinného domu, ke kterému byl zpracován Průkaz energetické náročnosti budov v *kap. 3.1*. Postup výpočtu bude totožný, jako postup při vyhodnocení výchozího stavu na předchozí straně. Ovšem bude již zde uvažováno se stavebními materiály a technickými systémy, se kterými se počítá při realizaci skutečné stavby (*tab. 11-13*).

Rodinný dům s velmi nízkou energetickou náročností (skutečné provedení budovy)							
Stavební materiály a výplně konstrukcí							
Označ. k - ce	Název materiálu	Tl. [m]	Měrná spotřeba [m. jedn.]	Četnost v objektu [jedn.]	Spotřeba [jedn.]	Cena za m. [Kč/ m. j.]	Celková cena [Kč]
SO1	Heluz Family 50 2in1	0,500	16 ks/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	2 663 ks	144,5 Kč/ks	384 809
	Polystyren EPS 70F ( $\lambda=0,039$ )	0,200		166,44 m <sup>2</sup>		279,3 Kč/m <sup>2</sup>	46 487
	Disperzní stěrka (střední kvality)	0,002		166,44 m <sup>2</sup>		85,0 Kč/m <sup>2</sup>	14 147
	Armovací tkanina	-		166,44 m <sup>2</sup>		20,0 Kč/m <sup>2</sup>	3 329
	Talířová hmoždinka plastová	-	6,0 ks/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	999 ks	5,8 Kč/ks	5 792
	Polystyrenová zátka z EPS	-		166,44 m <sup>2</sup>		15,0 Kč/m <sup>2</sup>	2 497
	Cemix penetrace ASN COLOR	-	0,3 kg/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	42 kg	95,6 Kč/kg	3 977
	Cemix silikonová omítka COMFORT	0,002	2,8 kg/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	466 kg	104,1 Kč/kg	48 514
SO2	Polystyren EPS 70F ( $\lambda=0,039$ )	0,200		32,1 m <sup>2</sup>		279,3 Kč/m <sup>2</sup>	8 966
	Disperzní stěrka (střední kvality)	0,002		32,1 m <sup>2</sup>		85,0 Kč/m <sup>2</sup>	2 729
	Armovací tkanina	-		32,1 m <sup>2</sup>		20,0 Kč/m <sup>2</sup>	642
	Talířová hmoždinka plastová	-	6,0 ks/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	193 ks	5,8 Kč/ks	1 117
	Polystyrenová zátka z EPS	-		32,1 m <sup>2</sup>		15,0 Kč/m <sup>2</sup>	482
	Cemix penetrace ASN COLOR	-	0,3 kg/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	8 kg	95,6 Kč/kg	767
	Cemix silikonová omítka COMFORT	0,002	2,8 kg/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	90 kg	104,1 Kč/kg	9 357
SO3	Polystyren XPS ( $\lambda=0,035$ )	0,160		46,5 m <sup>2</sup>		573,1 Kč/m <sup>2</sup>	26 649
	Disperzní stěrka (střední kvality)	0,001		46,5 m <sup>2</sup>		85,0 Kč/m <sup>2</sup>	3 953
	Talířová hmoždinka plastová	-	4,0 ks/m <sup>2</sup>	46,5 m <sup>2</sup>	186 ks	5,8 Kč/ks	1 079
	Polystyrenová zátka z EPS	-		46,5 m <sup>2</sup>		15,0 Kč/m <sup>2</sup>	698
SO4	Polystyren XPS ( $\lambda=0,035$ )	0,160		75,2 m <sup>2</sup>		573,1 Kč/m <sup>2</sup>	43 097
	Disperzní stěrka (střední kvality)	0,001		75,2 m <sup>2</sup>		85,0 Kč/m <sup>2</sup>	6 392
	Talířová hmoždinka plastová	-	4,0 ks/m <sup>2</sup>	75,2 m <sup>2</sup>	301 ks	5,8 Kč/ks	1 745
	Polystyrenová zátka z EPS	-		75,2 m <sup>2</sup>		15,0 Kč/m <sup>2</sup>	1 128
SN1	Heluz Family 50 2in1	0,500	16 ks/m <sup>2</sup>	21,9 m <sup>2</sup>	350 ks	144,5 Kč/ks	50 633
SN2	Heluz Family 38 2in1	0,380	16 ks/m <sup>2</sup>	16,1 m <sup>2</sup>	258 ks	117,5 Kč/ks	30 268

*Pokračování tabulky na další straně*

PDL1	Polystyren EPS 150S šedý ( $\lambda=0,031$ )	0,260		82,7 m <sup>2</sup>		445,2 Kč/m <sup>2</sup>	36 818
PDL2	Polystyren EPS 150S ( $\lambda=0,037$ )	0,100		80,4 m <sup>2</sup>		213,4 Kč/m <sup>2</sup>	17 157
PDL3	Polystyren EPS 100S ( $\lambda=0,037$ )	2×0,14		135,4 m <sup>2</sup>		248,0 Kč/m <sup>2</sup>	67 158
STR1	Minerální vata ( $\lambda=0,039$ )	2×0,250		217,4 m <sup>2</sup>		132,5 Kč/m <sup>2</sup>	57 611
	Polystyren EPS 70F ( $\lambda=0,039$ )	0,200		217,4 m <sup>2</sup>		279,3 Kč/m <sup>2</sup>	60 720
DO1-3	Dveře Slavona Progression	-		7,54 m <sup>2</sup>		8 933 Kč/m <sup>2</sup>	67 355
OJD1	Okno Slavona Progression	-		8,2 m <sup>2</sup>		3 599 Kč/m <sup>2</sup>	29 512
OJD2	Okno Slavona Progression	-		4,1 m <sup>2</sup>		3 469 Kč/m <sup>2</sup>	14 223
OJD3	Okno Slavona Progression	-		4,92 m <sup>2</sup>		3 469 Kč/m <sup>2</sup>	17 067
OJD4	Okno Slavona Progression	-		1,89 m <sup>2</sup>		4 649 Kč/m <sup>2</sup>	8 787
OJD5	Okno Slavona Progression	-		0,45 m <sup>2</sup>		6 821 Kč/m <sup>2</sup>	3 069
OJD6	Okno Slavona Progression	-		0,45 m <sup>2</sup>		6 821 Kč/m <sup>2</sup>	3 069
OJD7	Okno Slavona Progression	-		0,9 m <sup>2</sup>		4 697 Kč/m <sup>2</sup>	4 227
OJD8	Okno Slavona Progression	-		2,34 m <sup>2</sup>		4 649 Kč/m <sup>2</sup>	10 879
OJD9	Okno Slavona Progression	-		0,6 m <sup>2</sup>		6 821 Kč/m <sup>2</sup>	4 093
OJD10	Okno Slavona Progression	-		0,75 m <sup>2</sup>		4 697 Kč/m <sup>2</sup>	3 523
OJD11	Okno Slavona Progression	-		2,9 m <sup>2</sup>		4 649 Kč/m <sup>2</sup>	13 482
OJD12	Okno Slavona Progression	-		3,48 m <sup>2</sup>		3 469 Kč/m <sup>2</sup>	12 072
OJD13	Okno Slavona Progression	-		1,22 m <sup>2</sup>		4 649 Kč/m <sup>2</sup>	5 672
DB1	Okno Slavona Progression	-		6,13 m <sup>2</sup>		3 599 Kč/m <sup>2</sup>	22 062
<b>Celková cena za stavební materiály a výplně otvorů :</b>							<b>1 157 807</b>

Tab. 11 – Celková cena za stavební materiály skutečného stavu objektu

Rodinný dům s velmi nízkou energetickou náročností (skutečné provedení budovy)				
Stavební a montážní práce				
Označ. k - ce	Název stavební práce	Měrná cena [m. jedn.]	Četnost v objektu [jedn.]	Celková cena [Kč]
SO1	Lepení polystyrenových desek na stěnu	440 Kč/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	73 234
	Nanásení disperzní stěrky včetně armovací tkaniny	150 Kč/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	24 966
	Ruční provedení - penetrace válečkem - stěna	7 Kč/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	1 165
	Ruční provedení - silikonová omítka do 3 mm - stěna	58 Kč/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	9 654
	Zalepení oken folií, montáž a pronájem lešení	175 Kč/m <sup>2</sup>	166,44 m <sup>2</sup>	29 127

*Pokračování tabulky na další straně*

SO2	Lepení polystyrenových desek na stěnu	440 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	14 124
	Nanásení disperzní stěrky včetně armovací tkaniny	150 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	4 815
	Ruční provedení - penetrace válečkem - stěna	7 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	225
	Ruční provedení - silikonová omítka do 3 mm - stěna	58 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	1 862
	Zalepení oken folií, montáž a pronájem lešení	175 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	5 618
SO3	Lepení polystyrenových desek na stěnu	440 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	14 124
	Nanásení disperzní stěrky včetně armovací tkaniny	150 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	4 815
	Zalepení oken folií, montáž a pronájem lešení	175 Kč/m <sup>2</sup>	32,1 m <sup>2</sup>	5 618
SO4	Lepení polystyrenových desek na stěnu	440 Kč/m <sup>2</sup>	75,2 m <sup>2</sup>	33 088
	Nanásení disperzní stěrky včetně armovací tkaniny	150 Kč/m <sup>2</sup>	75,2 m <sup>2</sup>	11 280
	Zalepení oken folií, montáž a pronájem lešení	175 Kč/m <sup>2</sup>	75,2 m <sup>2</sup>	13 160
PDL1	Pokládka polystyrenu na podlahu (2 vrstvy)	70 Kč/m <sup>2</sup>	82,7 m <sup>2</sup>	5 789
PDL2	Pokládka polystyrenu na podlahu (1 vrstva)	35 Kč/m <sup>2</sup>	80,4 m <sup>2</sup>	2 814
PDL3	Pokládka polystyrenu na podlahu (2 vrstvy)	70 Kč/m <sup>2</sup>	135,4 m <sup>2</sup>	9 478
STR1	Pokládka polystyrenu na podlahu (1 vrstva)	35 Kč/m <sup>2</sup>	217,4 m <sup>2</sup>	7 609
	Pokládka minerální vaty (2 vrstvy)	90 Kč/m <sup>2</sup>	217,4 m <sup>2</sup>	19 566
	Montáž výplní otvorů (dle skutečné cenové nabídky)			63 499
<b>Celková cena za stavební práce:</b>				<b>355 628</b>

Tab. 12 – Celková cena za stavební práce skutečného stavu objektu

Rodinný dům s velmi nízkou energetickou náročností (skutečné provedení)		
Stavební materiály a výplně konstrukcí		
Položka	Název položky	Cena za položku [Kč]
1	Stavební materiály a výplně konstrukcí	1 157 807
Stavební a montážní práce		
2	Stavební a montážní práce	355 628
Technické systémy budovy		
3	Provedení vrtu	105 000
	Tepelné čerpadlo země/voda - pořizovací cena a instalace	189 000
<b>Celková cena za stavební materiály, práce a technické systémy:</b>		<b>1 807 435 Kč</b>

Tab. 13 – Celková cena za stavební materiály, práce a technické systémy skutečného objektu

- **Vyhodnocení výchozího a skutečného provedení stavby**

Vyhodnocení obou stavů spočívá ve finančním porovnání nákladů na zrealizování příslušných opatření jednotlivých konstrukcí a technických systémů budovy, které jsou předmětem hodnocení. Z níže uvedené tabulky jasně vyplývá, že realizací příslušných opatření u skutečného provedení rodinného domu vede k celkovému nárůstu nákladů přibližně o **900 000 Kč**.

Vyhodnocení výchozího a skutečného provedení budovy		
Náklady na stavební materiály, práce a technické systémy budovy		
č. objektu	Název objektu	Cena za všechna opatření [Kč]
1	Výchozí stav rodinného domu	894 507
2	Skutečný stav rodinného domu	1 807 435
Celkový rozdíl:		912 928 Kč

*Tab. 14 – Finanční porovnání výchozího a skutečného stavu budovy*

## 4.2 Roční náklady na provoz TZB systémů

V předešlé kapitole byly oba vyhodnocené stavy rodinného domu posouzeny z hlediska stavebně – technické finanční náročnosti. V této kapitole jsou oba tyto rodinné domy vyhodnoceny z pohledu jejich finanční náročnosti na pořízení, provoz a servis systémů technických zařízení budov (TZB). V obou systémech je použita vzduchotechnická jednotka stejného typu, z toho důvodu není s tímto systémem v navržených stavech uvažováno (z důvodu porovnávání odlišných systémů jednotlivých stavů objektů).

- **Výchozí stav objektu**

Jak již bylo v předešlé kapitole zmíněno, tak pro účely vytápění a přípravy teplé vody byl ve výchozím stavu objektu využit elektrokotel (70 %) a krbová kamna (30 %). Celková dílčí vypočtená spotřeba energie jednotlivými energonositeli byla vypočtena pomocí programu *Tepelný výkon* od společnosti Protech spol. s r.o. [29] a je uvedena v *tab. 15*.

Rodinný dům zpracovaný v rámci splnění vyhlášky 78/2013 Sb. (nová budova)					
Spotřeba dílčí vypočtené energie					
Pol.	Energonositel	Spotřeba energie			Celková spotřeba energie palivem [kWh/rok]
		VYT	TV	VZT	
		[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]	
1	Elektrina ze sítě	10 950	5 990	376	17 316
2	Kusové dřevo	4 693	0	0	4 693
Celková spotřeba energie:					22 009

Tab. 15 – Spotřeba energie jednotlivými energonositeli – výchozí stav objektu

Z výše vypočtené spotřeby energie lze vypočíst celkové roční náklady na provoz TZB systémů budovy. Cena za nízký a vysoký tarif je dána distribuční sazbou *D45d* určenou pro elektrické vytápění rodinných domů [35]. Celkové roční náklady na provoz TZB systémů včetně zahrnutí vlivů pořizovacích nákladů, nákladů na servis a údržbu jsou obsaženy v *tab. 16*.

Rodinný dům zpracovaný v rámci splnění vyhlášky 78/2013 Sb. (nová budova)						
Roční náklady na provoz TZB						
Pol.	Zdroj tepla	Energonositel	Cena paliva [Kč/m. j.]	Denní využití [hod/den]	Spotřeba paliva [kWh/rok]	Roční náklady [Kč/rok]
1	Elektrokotel	elektrina ze sítě	NT: 2,13 Kč/kWh	20	17 316	38 150
			VT: 2,57 Kč/kWh	4		
2	Krbová kamna	kusové dřevo	1,27 Kč/kWh	-	4 693	5 960
Roční náklady na pořízení a údržbu						
Název položky			Životnost [let]	Náklady [Kč]	Přepočet [Kč/rok]	Roční náklady [Kč/rok]
Pořízení a instalace elektrokotle			15	45 651	3 043	10 338
Servis a údržba elektrokotle			1	1 000	1 000	
Pořízení a instalace krbových kamen (i komín)			20	95 900	4 795	
Servis a údržba krbových kamen			1	500	500	
Kontrola komínu			1	1 000	1 000	
Celkové roční náklady na provoz TZB:						54 448 Kč

Tab. 16 – Celkové roční náklady na provoz TZB systémů budovy – výchozí stav budovy

- **Skutečný stav objektu**

Za účelem vytápění a přípravy teplé vody bylo ve skutečném stavu objektu použito tepelné čerpadlo typu země/voda. Celková dílčí vypočtená spotřeba energie byla vypočtena pomocí programu Tepelný výkon od společnosti Protech spol. s r.o. [29] a je uvedena v *tab. 17*.

Rodinný dům s velmi nízkou energetickou náročností (skutečné provedení)					
Spotřeba dílčí vypočtené energie <sup>1)</sup>					
Pol.	Energonositel	Spotřeba energie			Celková spotřeba energie palivem [kWh/rok]
		VYT	TV	VZT	
		[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]	
1	Elektřina ze sítě	1 269	1 810	376	3 455
Pozn. <sup>1)</sup> Do celkové spotřeby energie se nezapočítává energie z okolí využita tepelným čerpadlem					
Celková spotřeba energie:					3 455

*Tab. 17 – Spotřeba energie jednotlivými energonositeli – skutečný stav objektu*

Z výše vypočtené spotřeby energie lze vypočíst celkové roční náklady na provoz TZB systémů budovy. Cena za nízký a vysoký tarif je dána distribuční sazbou *D57d* určenou pro vytápění rodinných domů využívajících hybridní spotřebiče (tepelná čerpadla) [35]. Celkové roční náklady na provoz TZB systémů včetně zahrnutí vlivů pořizovacích nákladů, nákladů na servis a údržbu jsou obsaženy v *tab. 18*.



Rodinný dům s velmi nízkou energetickou náročností (skutečné provedení)						
Roční náklady na provoz TZB						
Pol.	Zdroj tepla	Energonositel	Cena paliva [Kč/m. j.]	Denní využití [hod/den]	Spotřeba paliva [kWh/rok]	Roční náklady [Kč/rok]
1	Tepelné čerpadlo	elektrina ze sítě	NT: 2,21 Kč/kWh	20	3 455	7 739
			VT: 2,39 Kč/kWh	4		
Roční náklady na pořízení a údržbu						
Název položky			Životnost [let]	Náklady [Kč]	Přepočet [Kč/rok]	Roční náklady [Kč/rok]
Pořízení tepelného čerpadla země/voda			20	189 000	9 450	13 800
Provedení vrtu			50	105 000	2 100	
Servis a údržba			1	1 000	1 000	
Výměna kompresoru tepelného čerpadla			10	25 000	1 250	
Celkové roční náklady na provoz TZB:						21 539 Kč

Tab. 18 – Celkové roční náklady na provoz TZB systémů budovy – skutečný stav budovy

Z níže uvedené tabulky (tab. 19) jasně vyplývá, že provoz systémů TZB výchozího stavu objektu je o **32 909 Kč/rok** nákladnější než u skutečného provedení objektu.

Vyhodnocení výchozího a skutečného provedení budovy		
Roční náklady na pořízení, servis a údržbu TZB systémů		
č. obj.	Název objektu	Roční náklady [Kč/rok]
1	Výchozí stav rodinného domu	54 448
2	Skutečný stav rodinného domu	21 539
Celkový rozdíl:		32 909 Kč/rok

Tab. 19 – Vyhodnocení výchozího a skutečného stavu objektu z hlediska provozu TZB systémů

### 4.3 Návratnost investice skutečného provedení objektu

V této kapitole je vyhodnocen skutečný stav provedení budovy z hlediska finanční návratnosti vložených investic. Počáteční náklady investice tvoří rozdíl cen potřebných na zrealizování daných stavů dle *kap. 4.1*. Konkrétně se tedy jedná o částku **912 928 Kč**, kterou klient musí zaplatit navíc, aby zrealizoval skutečný stav rodinného domu. Ovšem z hlediska provozu technických zařízení budov je tento typ rodinného domu úspornější o **32 909 Kč/rok**, než objekt výchozího stavu (viz předešlá *kap. 4.2*). Výsledná návratnost investice do skutečného stavu budovy, respektive její nenávratnost je zobrazena v *tab. 20*. V tabulce je taktéž uvedena doba návratnosti investice s využitím dotace z programu *Nová zelená úsporám – oblast B.2*.

Ekonomické vyhodnocení objektu							
Pol.	Parametr	Provedení bez dotace	Provedení s dotací <sup>1)</sup>	Jednotka [m.j]			
1	Přínosy projektu - roční výnos oproti výchozímu stavu	32 909	32 909	Kč/rok			
2	Investiční náklady na realizaci skuteč. provedení stavby	912 928	462 928	Kč			
3	Doba hodnocení projektu - životnost investice	20	20	let			
4	Diskont	1	1	%			
5	Míra inflace	2,0	2,0	%			
6	Reálná doba návratnosti investice - T <sub>sd</sub>	>20	13	rok(ů)			
7	Čistá současná hodnota - NPV	-196 169	253 831	Kč			
8	Vnitřní výnosové procento - IRR	-1,2	5,5	%			
Pozn. <sup>1)</sup> U provedení s dotací dojde ke snížení investičních nákladů o výši dotace - v tomto případě činí výše dotace <b>450 000 Kč</b> (program Nová zelená úsporám oblast B.2)							
Poř. roku	Rok u=t	Úspora vlivem inflace CF <sub>t</sub>	Odúročitel (1 + diskont) <sup>-t</sup>	NPV [Kč] Σ CF <sub>t</sub> · ( 1 + r ) <sup>-t</sup> - IN		Doba návratn. bez dotace	Doba návratn. s dotací
				bez dotace	s dotací		
	2017	-	1,000	-	-	-	-
1	2018	32 909	0,990	-880 345	-430 345	-	-
2	2019	33 567	0,980	32 906	32 906	-	-
3	2020	34 239	0,971	33 232	33 232	-	-
4	2021	34 923	0,961	33 561	33 561	-	-
5	2022	35 622	0,951	33 893	33 893	-	-

*Pokračování tabulky na další straně*

6	2023	36 334	0,942	34 229	34 229	-	-
7	2024	37 061	0,933	34 567	34 567	-	-
8	2025	37 802	0,923	34 910	34 910	-	-
9	2026	38 558	0,914	35 255	35 255	-	-
10	2027	39 329	0,905	35 604	35 604	-	-
11	2028	40 116	0,896	35 957	35 957	-	-
12	2029	40 918	0,887	36 313	36 313	-	-
13	2030	41 737	0,879	36 672	36 672	-	13,4
14	2031	42 571	0,870	37 036	37 036	-	14,6
15	2032	43 423	0,861	37 402	37 402	-	-
16	2033	44 291	0,853	37 773	37 773	-	-
17	2034	45 177	0,844	38 147	38 147	-	-
18	2035	46 081	0,836	38 524	38 524	-	-
19	2036	47 002	0,828	38 906	38 906	-	-
20	2037	47 942	0,820	39 291	39 291	-	-
<b>Celkem:</b>		<b>799 603 Kč</b>		<b>-196 169 Kč</b>	<b>253 831 Kč</b>		

*Tab. 20 – Návratnost investice provedením skutečného stavu objektu*

- **Závěrečné hodnocení**

Z výše uvedené tabulky plyne fakt, že provedením skutečného stavu budovy **bez vlivu dotace** z programu *Nová zelená úsporám* se klientovi vložená investice **nevrátí ani po 20 letech**. Vezmeme-li v úvahu výši dotace z programu *Nová zelená úsporám*, která činí v oblasti *B.2 celkem 450 000 Kč*, tak doba návratnosti vložené investice nastane přibližně po **13 letech**, což vede k závěru, že danou investici lze směle doporučit k realizaci.

## 4.4 Návratnost investice jednotlivých energetických opatření

V této kapitole je vyhodnocen skutečný stav provedení budovy z hlediska finanční návratnosti vložené investice skrze jednotlivé konstrukce a technické systémy. Jako porovnávací objekt opět slouží budova výchozího stavu objektu dle *kap. 4.1*. Evaluace skutečného stavu budovy skrze jednotlivé konstrukce nastíní klientovi ty konstrukce, jejíž provedením nedojde (dojde) k návratnosti vložené investice. Tudiž *tab. 20* naznačuje ty konstrukce, které vrátí investorovi v budoucnu ním vložené investice do jednotlivých konstrukcích (opatření) skutečného provedení budovy.

Ekonomické vyhodnocení jednotlivých konstrukcí skutečného provedení stavby						
Číslo opatření	Konstrukce tvořící opatření	Rozdíl nákladů	Rozdíl úspor	NPV [Kč]	IRR [%]	Doba návratn. investice
		Stavební materiály a práce [Kč]	Provoz TZB [Kč/rok]			
OP1	Vnější stěny budovy	489 725	5 237	-375 666	-10,0	>20 roků
OP2	Strop pod nevytáp. půdou	96 765	3 437	-21 912	-1,3	>20 roků
OP3	Podlahy - vnitřní a na zemině	76 098	6 035	55 345	6,7	12 roků
OP4	Okna a dveře	97 891	2 908	-34 558	-2,8	>20 roků
OP5	Tepelné čerpadlo země/voda	152 449	27 789	452 785	19,5	6 roků
Číslo varianty	Opatření	Rozdíl nákladů	Rozdíl úspor	NPV [Kč]	IRR [%]	Doba návratn. investice
		Stavební materiály a práce [Kč]	Provoz TZB [Kč/rok]			
VAR1	OP1 až OP4	760 479	19 947	-369 586	-4,6	>20 roků
VAR2	OP2 + OP3 + OP4 + OP5	423 203	31 086	253 845	5,8	13 roků
VAR3	OP1 až OP5 - <b>bez dotace</b>	912 928	32 909	-196 169	-1,2	>20 roků
VAR4	OP1 až OP5 - <b>s dotací</b>	462 928	32 909	253 831	5,5	13 roků

*Tab. 21 – Návratnost investic jednotlivých opatření skutečného provedení budovy*

Výsledky z výše uvedené tabulky znamenají, že výhodné jsou pro investora z hlediska návratnosti investic opatření **OP3** a **OP5**. S kombinacemi jednotlivých opatření se zdají jako prospěšné možnosti **VAR2** a **VAR4**. Varianta **VAR4** je ekonomicky příznivá jen v případě, jestliže investor dosáhne na dotaci **450 000 Kč** z programu *Nová zelená úsporám*, oblast *B. 2*.

## **C. Aplikace výpočetní techniky**



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

**HODNOCENÍ KONSTRUKČNÍCH DETAILŮ BUDOV  
Z POHLEDU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI**

CONSTRUCTION DETAILS OF BUILDINGS EVALUATION FROM ENERGY DEMAND  
POINT OF VIEW

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**C – APLIKACE VÝPOČETNÍ TECHNIKY**

C – APPLICATION OF COMPUTER TECHNOLOGY

## 5. Počítačové modelování konstrukčních detailů zadaného rodinného domu

Výpočty lineárních činitelů prostupu tepla jednotlivých stavebních detailů byly vyhotoveny, dle projektové dokumentace „*Novostavba RD – 12/2016*“, za účelem zjištění celkové přírážky  $\Delta U_{em}$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ], která nám vyjadřuje vliv tepelných vazeb na celkový průměrný součinitel prostupu tepla celého objektu  $U_{em}$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]. Přírážka  $\Delta U_{em}$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ] také velmi výrazně ovlivňuje vypočtenou měrnou potřebu tepla na vytápění  $E_A$  [ $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ]. Všechny tyto detaily rodinného domu situovaného v obci Dolní Němčí byly provedeny dle normy ČSN 73 0540-4:2005 přílohy B.7 [4] a dle normy ČSN EN ISO 10 211 [5]. Potřebné hodnoty (tepelné toky, lineární tepelné propustnosti) pro výpočet lineárních činitelů prostupu tepla byly vypočteny pomocí programu CalA (Calculation Area) [15], který je založen na numerickém řešení diferenciálních rovnic popisujících transport obecné veličiny  $W$  s koeficienty  $c$  metodou kontrolních objemů [30]. Některé výpočty ke zjištění tepelných toků procházejícími konstrukcemi byly provedeny v programech Area 2017 [31] a Cube 3D [32].

- **Dokumentace pro zjištění celkové přírážky  $\Delta U_{em}$  obsahuje:**
  - a) Údaje o stavební parcele, o budově a stavebníkovi;
  - b) Normovou přírážku na tepelné vazby  $\Delta U_{em, nor}$  navržené budovy;
  - c) Vypočtené lineární činitele prostupu tepla jednotlivých stavebních detailů;
  - d) Vypočtenou přírážku  $\Delta U_{em}$  navržené budovy a porovnání s normovou;
  - e) Závěr.
  
- **Protokoly s výpočty jednotlivých s detailů z programu CalA obsahují:**
  - a) Identifikační údaje o vazbě;
  - b) Vstupní údaje materiálů;
  - c) Výsledky extrémů teplot a tepelných toků;
  - d) Grafický výstup obsahující - zadanou geometrii a rozmístění materiálů;
    - zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie;
    - výsledné 2D pole a rozložení tepot v detailu;
    - výsledné 2D pole rozložení tepelných toků v detailu.

## 5.1 Výpočet lineárních činitelů prostupu tepla stavebních detailů

### a) Údaje o stavební parcele, o budově a stavebníkovi

<b>Adresa stavby:</b>	Stavba bez č. p.
<b>PSČ, místo:</b>	687 62, Dolní Němčí
<b>Parcela:</b>	2943
<b>Katastrální území:</b>	Dolní Němčí [629839]
<b>Vlastník:</b>	Ing. Filip Kadlček
<b>Adresa majitele:</b>	U Stadionu XXX, Dolní Němčí
<b>PSČ, místo:</b>	687 62, Dolní Němčí
<b>Telefon, e – mail:</b>	776 251 0XX, kadlcek.filip@centrum.cz
<b>Typ budovy:</b>	Rodinný dům s velmi nízkou energetickou náročností
<b>Účel zpracování PENBu:</b>	Nová budova + žádost o poskytnutí dotace z programu
<b>Plocha obálky budovy:</b>	845,3 m <sup>2</sup>
<b>Objemový faktor</b>	0,64 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
<b>Celková vnitřní plocha:</b>	260,0 m <sup>2</sup>
<b>Celková vnější plocha:</b>	353,1 m <sup>2</sup>

Tab. 22 – Údaje o stavební parcele, o budově a stavebníkovi

### b) Normová přírážka na tepelné vazby $\Delta U_{em}$

<b>Lineární vazby <math>\Delta U_{em, nor}</math>:</b>	0,02 W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> - dle TNI 73 0329 [33]
<b>Popis normové lin.</b>	Je zajištěna souvislost tepelně izolačních vrstev ve všech
<b>Výpočtová zimní teplota</b>	-15 °C
<b>Výpočtová letní teplota</b>	20 °C
<b>Měrná tepelná ztráta</b>	16,9 W/K
<b>Tepelná ztráta LV:</b>	592 W

Tab. 23 – Normová přírážka na tepelné vazby  $\Delta U_{em}$

### c) Vypočtené lineární činitele prostupu tepla stavebních detailů

Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
1	<i>Roh zdiva Heluz Family 2in1 + EPS 70F tl. 200 mm</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>4,320 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-1,956 W/m<sup>2</sup></b>	Lineární tepelný tok: <b>-8,450 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,241 W/[m·K]</b>	Celk. délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>6,0 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = - 0,087 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>3)</sup> :	$\Psi = - 0,086 \text{ W/[m·K]}$
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = - 18,2 \text{ W}</math></b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
2	<i>Roh zdiva Heluz Family 2in1 + EPS 70F tl. 200 mm v místě dveří</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>2,336 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-1,675 W/m<sup>2</sup></b>	Lineární tepelný tok: <b>-3,912 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,112 W/[m·K]</b>	Celk. délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>3,0 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = - 0,066 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = - 6,9 \text{ W}</math></b>

Tab. 24 – Výpočet lineárních činitelů prostupu tepla detailů č. 1 a č. 2

**Pozn.:** <sup>1)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu CalA.

<sup>2)</sup> Součet všech délek dané lineární tepelné vazby (hodnota všech délek příslušné tepelné vazby změřená z projektu stavby).

<sup>3)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu Area 2017.



Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
3	<i>Roh zdiva Heluz Family 2in1 + EPS 70F tl. 200 mm v místě oken</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>3,890 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-1,975 W/m<sup>2</sup></b>	Lineární tepelný tok: <b>-7,682 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,219 W/[m·K]</b>	Celk. délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>9,0 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = - 0,076 \text{ W}/[\text{m} \cdot \text{K}]</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = - 24,0 \text{ W}</math></b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
4	<i>Kout zdiva Heluz Family 2in1 + EPS 70F tl. 200 mm</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>1,555 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-3,113 W/m<sup>2</sup></b>	Lineární tepelný tok: <b>-4,841 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,138 W/[m·K]</b>	Celk. délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>3,0 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = 0,020 \text{ W}/[\text{m} \cdot \text{K}]</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = 2,1 \text{ W}</math></b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
5	<i>Ostění oken Slavona Progression</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>1,460 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-9,098 W/m<sup>2</sup></b>	Lin. tepelný tok: <b>-13,265 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,379 W/[m·K]</b>	Délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>36,5 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = 0,006 \text{ W}/[\text{m} \cdot \text{K}]</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = 7,5 \text{ W}</math></b>

Tab. 25 – Výpočet lineárních činitelů prostupu tepla detailů č. 3, č. 4 a č. 5

**Pozn.:** <sup>1)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu CalA.

<sup>2)</sup> Součet všech délek dané lineární tepelné vazby (hodnota všech délek příslušné tepelné vazby změřená z projektu stavby).

Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
6	<i>Parapet oken Slavona Progression</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>1,510 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-8,908 W/m<sup>2</sup></b>	Lin. tepelný tok: <b>-13,452 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,384 W/[m·K]</b>	Délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>22,5 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = -0,001 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>3)</sup> :	$\Psi = 0,003 \text{ W/[m·K]}$
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = -0,8 \text{ W}</math></b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
7	<i>Nadpraží oken Slavona Progression (strop 1. NP)</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>0,966 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-13,994 W/m<sup>2</sup></b>	Lin. tepelný tok: <b>-13,518 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,386 W/[m·K]</b>	Celk. délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>4,4 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = 0,013 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>3)</sup> :	$\Psi = 0,011 \text{ W/[m·K]}$
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = 2,0 \text{ W}</math></b>

Tab. 26 – Výpočet lineárních činitelů prostupu tepla detailů č. 6 a č. 7

**Pozn.:** <sup>1)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu CalA.

<sup>2)</sup> Součet všech délek dané lineární tepelné vazby (hodnota všech délek příslušné tepelné vazby změřená z projektu stavby).

<sup>3)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu Area

Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
8	<i>Ztužující věnec stropu Miako – k venkovnímu prostředí</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>1,500 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-2,959 W/m<sup>2</sup></b>	Lineární tepelný tok: <b>-4,439 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,127 W/[m·K]</b>	Celk. délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>8,4 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = 0,013 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>3)</sup> :	$\Psi = 0,012 \text{ W/[m·K]}$
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b>Q = 3,8 W</b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
9	<i>Obvodová stěna Heluz Family 2in1 napojena strop pod nevytápěnou půdou</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>3,444 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-2,304 W/m<sup>2</sup></b>	Lineární tepelný tok: <b>-7,935 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,227 W/[m·K]</b>	Délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>41,3 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = 0,020 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b>Q = 28,4 W</b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
10	<i>Ztužující věnec stropu Miako tvořící nadpraží (strop 1. NP)</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>1,020 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-2,952 W/m<sup>2</sup></b>	Lineární tepelný tok: <b>-3,011 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,086 W/[m·K]</b>	Celk. délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>5,5 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = 0,009 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b>Q = 1,6 W</b>

Tab. 27 – Výpočet lineárních činitelů prostupu tepla detailů č. 8, č. 9 a č. 10

**Pozn.:** <sup>1)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu CalA.

<sup>2)</sup> Součet všech délek dané lineární tepelné vazby (hodnota všech délek příslušné tepelné vazby změřená z projektu stavby).

<sup>3)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí programu Area 2017.

Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
11	<i>Ztužující věnec stropu Miako tvořící nadpraží (strop pod nevytápěnou půdou)</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>2,692 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-2,193 W/m<sup>2</sup></b>	Lineární tepelný tok: <b>-5,904 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,169 W/[m·K]</b>	Délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>18,1 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = - 0,006 \text{ W}/[\text{m} \cdot \text{K}]</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = - 4,0 \text{ W}</math></b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
12	<i>Nadpraží oken Slavona Progression (strop pod nevytápěnou půdou)</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>0,718 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-17,808 W/m<sup>2</sup></b>	Lin. tepelný tok: <b>-12,786 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,336 W/[m·K]</b>	Délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>18,10 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = 0,016 \text{ W}/[\text{m} \cdot \text{K}]</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = 10,2 \text{ W}</math></b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
13	<i>Napojení vnitřní nosné stěny na stěnu vnější Heluz Family 2in1 + EPS 70F tl. 200 mm</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>1,900 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-2,523 W/m<sup>2</sup></b>	Lineární tepelný tok: <b>-4,794 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,137 W/[m·K]</b>	Délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>12,00 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = - 0,007 \text{ W}/[\text{m} \cdot \text{K}]</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = - 3,1 \text{ W}</math></b>

Tab. 28 – Výpočet lineárních činitelů prostupu tepla detailů č. 11, č. 12 a č. 13

**Pozn.:** <sup>1)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu CalA.

<sup>2)</sup> Součet všech délek dané lineární tepelné vazby (hodnota všech délek příslušné tepelné vazby změřená z projektu stavby).

Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
14	<i>Roh zdiva (vytápěná zóna) k nevytápěné garáži (nevytápěná zóna)</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>1,955 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-2,349 W/m<sup>2</sup></b>	Lineární tepelný tok: <b>-4,592 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,131 W/[m·K]</b>	Celk. délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>3,0 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = - 0,017 \text{ W}/[\text{m} \cdot \text{K}]</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = - 1,8 \text{ W}</math></b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
15	<i>Nadpraží dveří Slavona Klasik</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>0,846 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-14,063 W/m<sup>2</sup></b>	Lin. tepelný tok: <b>-11,897 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,340 W/[m·K]</b>	Celk. délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>3,2 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = 0,005 \text{ W}/[\text{m} \cdot \text{K}]</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = 0,5 \text{ W}</math></b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
16	<i>Ostění dveří Slavona Klasik</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>1,498 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok vazbou: <b>-8,940 W/m<sup>2</sup></b>	Lin. tepelný tok: <b>-13,393 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,383 W/[m·K]</b>	Délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>14,0 m</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = - 0,005 \text{ W}/[\text{m} \cdot \text{K}]</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = - 2,6 \text{ W}</math></b>

Tab. 29 – Výpočet lineárních činitelů prostupu tepla detailů č. 14, č. 15 a č. 16

**Pozn.:** <sup>1)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu CalA.

<sup>2)</sup> Součet všech délek dané lineární tepelné vazby (hodnota všech délek příslušné tepelné vazby změřená z projektu stavby).

Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
17	<i>Podlaha na zemině – styk se stěnou Heluz Family 50 + XPS tl. 160 mm</i>	
	Délka OP podlahou/stěnou: <b>4,01 / 2,55 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok podlahou: <b>-2,359 W/m<sup>2</sup></b>	Tep. tok podlahou: <b>-9,461 W/m</b>
	Plošný tepelný tok stěnou: <b>-3,661 W/m<sup>2</sup></b>	Tep. tok podlahou: <b>-9,336 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,537 W/[m·K]</b>	Délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>22,09 m</b>
	Vypočtený lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = - 0,032 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	Vypočtený lineární činitel prostupu tepla <sup>3)</sup> :	$\Psi = - 0,033 \text{ W/[m·K]}$
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = - 24,8 \text{ W}</math></b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
18	<i>Podlaha na zemině – styk s obvod. stěnou Heluz Family 2in1 + EPS 70F tl. 200 mm</i>	
	Délka OP podlahou/stěnou: <b>4,01 / 1,07 m</b>	Rozdíl teplot $ \vartheta_e - \vartheta_i $ : <b>35 °C</b>
	Plošný tepelný tok podlahou: <b>-2,744 W/m<sup>2</sup></b>	Tep. tok podlahou: <b>-11,00 W/m</b>
	Plošný tepelný tok stěnou: <b>-2,837 W/m<sup>2</sup></b>	Tep. tok podlahou: <b>-3,035 W/m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,401 W/[m·K]</b>	Délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>12,79 m</b>
	Vypočtený lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = - 0,088 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = - 39,4 \text{ W}</math></b>

Tab. 30 – Výpočet lineárních činitelů prostupu tepla detailů č. 17 a č. 18

**Pozn.:** <sup>1)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu CalA.

<sup>2)</sup> Součet všech délek dané lineární tepelné vazby (hodnota všech délek příslušné tepelné vazby změřená z projektu stavby).

<sup>3)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu Area 2017.

Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
19	<i>Ztužující věnec stropu Miako přilehlý k zemině</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>1,000 m</b>	Délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>22,09 m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>2,116 W/[m·K]</b>	Tep. propustnost $L^{3D}$ : <b>2,116 W/K</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = 0,062 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = 48,2 \text{ W}</math></b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
20	<i>Práh dveří Slavona Klasik přilehlý k zemině</i>	
	Celková délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>3,20 m</b>	
	Vypočtený lineární činitel prostupu tepla <sup>3)</sup> :	<b><math>\Psi = -0,060 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = -6,7 \text{ W}</math></b>
Číslo vazby	Lokalizace tepelné vazby	
21	<i>Roh zdiva Heluz Family 50 + XPS tl. 160 mm přilehlý k zemině</i>	
	Délka okrajové podmínky (OP): <b>20,00 m</b>	Celk. délka tepelné vazby <sup>2)</sup> : <b>9,0 m</b>
	Tepelná propustnost $L^{2D}$ : <b>0,360 W/[m·K]</b>	Tep. propustnost $L^{3D}$ : <b>7,193 W/K</b>
	Lineární činitel prostupu tepla <sup>1)</sup> :	<b><math>\Psi = - 0,062 \text{ W/[m·K]}</math></b>
	<b>Celková tepelná ztráta lineární vazbou:</b>	<b><math>Q = - 19,4 \text{ W}</math></b>

Tab. 31 – Výpočet lineárních činitelů prostupu tepla detailů č. 19, č. 20 a č. 21

**Pozn.:** <sup>1)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu *Cube 3D*.

<sup>2)</sup> Součet všech délek dané lineární tepelné vazby (hodnota všech délek příslušné tepelné vazby změřená z projektu stavby).

<sup>3)</sup> Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  vypočtený pomocí hodnot z programu *Area 2017*.

**d) Vypočtená přírážka na tepelné vazby  $\Delta U_{em, vyp}$**

<b>Celková tepelná ztráta lineárními vazbami:</b>	$Q_{LV} = \sum \psi \cdot l \cdot (\theta_i - \theta_e) [W]$
	$Q_{LV} = -47,54 W$
<b>Měrná tepelná ztráta lineárními vazbami:</b>	$q_{LV} = \frac{Q_{LV}}{(\theta_i - \theta_e)} \left[ \frac{W}{K} \right]$
	$q_{LV} = \frac{-47,54}{(20 - (-15))}$
<b>Vypočtená přírážka na tepelné vazby <math>\Delta U_{em}</math> zadaného rodinného domu:</b>	$q_{LV} = -1,358 \frac{W}{K}$
	$\Delta U_{em, vyp} = \frac{q_{LV}}{A^{1)})} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
	$\Delta U_{em, vyp} = \frac{-1,358}{845,3}$
	$\Delta U_{em, vyp} = -0,00161 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

Tab. 32 – Výpočet přírážky na tepelné vazby  $\Delta U_{em, vyp}$

**Pozn.:** <sup>1)</sup> Celková plocha systémové hranice objektu,  $A = 845,3 \text{ m}^2$ .

**Porovnání s normovou přírážkou  $\Delta U_{em, nor}$**

$$\Delta U_{em, vyp} < \Delta U_{em, nor} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$-0,00161 < 0,02 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

**e) Závěr**

Vypočtená hodnota přírážky na tepelné vazby  $\Delta U_{em, vyp}$  je nižší než hodnota paušální přírážky na tepelné vazby  $\Delta U_{em, nor}$ . Z tohoto důvodu uvažuji ve výpočtech Průkazu energetické náročnosti budovy zadaného rodinného domu s hodnotu  $\Delta U_{em} = -0,00161 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Příklady výstupů z výpočtů lineárních tepelných činitelů z programu *CalA* jsou obsaženy v další kapitole. Zbylé protokoly s výsledky ostatních detailů jsou umístěny v příloze této diplomové práce.



## 5.2 Ukázka protokolů s výsledky z počítačového programu

### Calculation Area

Protokol CalA 2010

### Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

#### 1. Identifikační údaje:

Název projektu: PARAPET OKEN

Datum: 3. srpna 2017

#### 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	4 678 x 1 653 ks	Buněk s materiálem	383 168 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	3 482 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,002 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M01 - PUR PĚNA		20,00	0,030	1400,00
M04 - PIR DESKA TL. 30 MM		32,00	0,020	1400,00
M05 - ARGONOVÁ VÝPLŇ		1,70	0,030	520,00
M06 - SKLO - IZOLAČNÍ TROSJSKLO		2600,00	0,760	840,00
M07 - VNITŘNÍ RÁM		400,00	0,120	2510,00
M09 - VNĚJŠÍ RÁM 1		600,00	0,160	2510,00
M13 - VZDUCH. MEZER. DO VÝPLNĚ		1,20	0,160	1010,00
M20 - KOMPOZITNÍ ÚHELNÍK		7850,00	15,000	440,00
M23 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M31 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M32 - DISTANČNÍ RÁMEČEK - SWISSPACER		1300,00	0,170	1000,00
M33 - VNĚJŠÍ RÁM 2		700,00	0,140	2510,00
M36 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M37 - FASÁDNÍ HMOŽDINKA ETICS		920,00	0,230	1470,00
M39 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M40 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M41 - POLYSTYREN XPS (la=0,034)		30,00	0,030	2060,00
M44 - Dřevo tvrdé		600,00	0,220	2010,00
M51 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		1,984	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		1,510	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

#### 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,998^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 13,45\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,955^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 20,00^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -13,45\ \text{W/m}$



Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,96^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr out} = 0,00 \text{ W}$
Kritérium konvergence	$3E-004 < 0,020$	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = -0,01 \text{ W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$7E-005 < 0,001$	Počet řešených rovnic	383 168 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

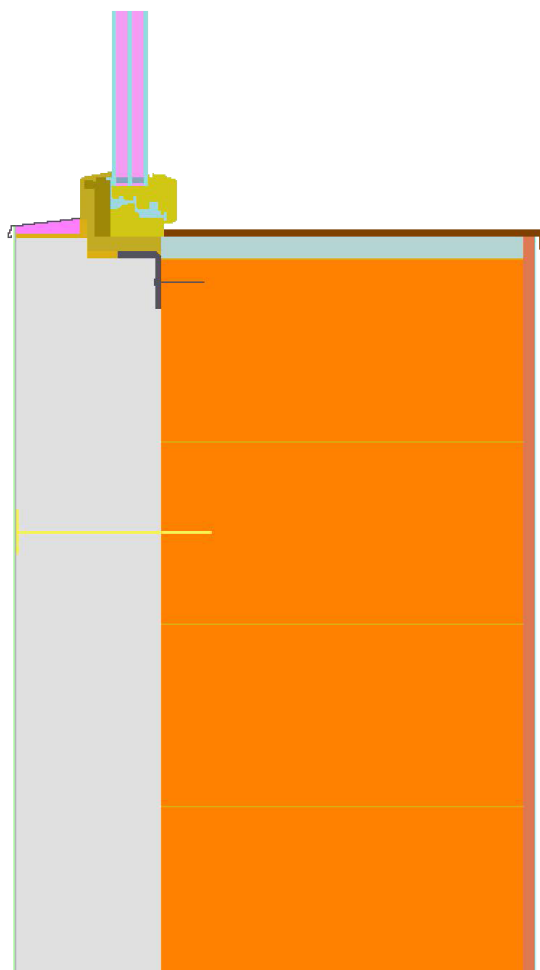
**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max} [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min} [^{\circ}\text{C}]$
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		13,454	6,781	19,998	13,971
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-13,452	-8,908	-11,742	-14,955

#### 4. Grafický výstup:

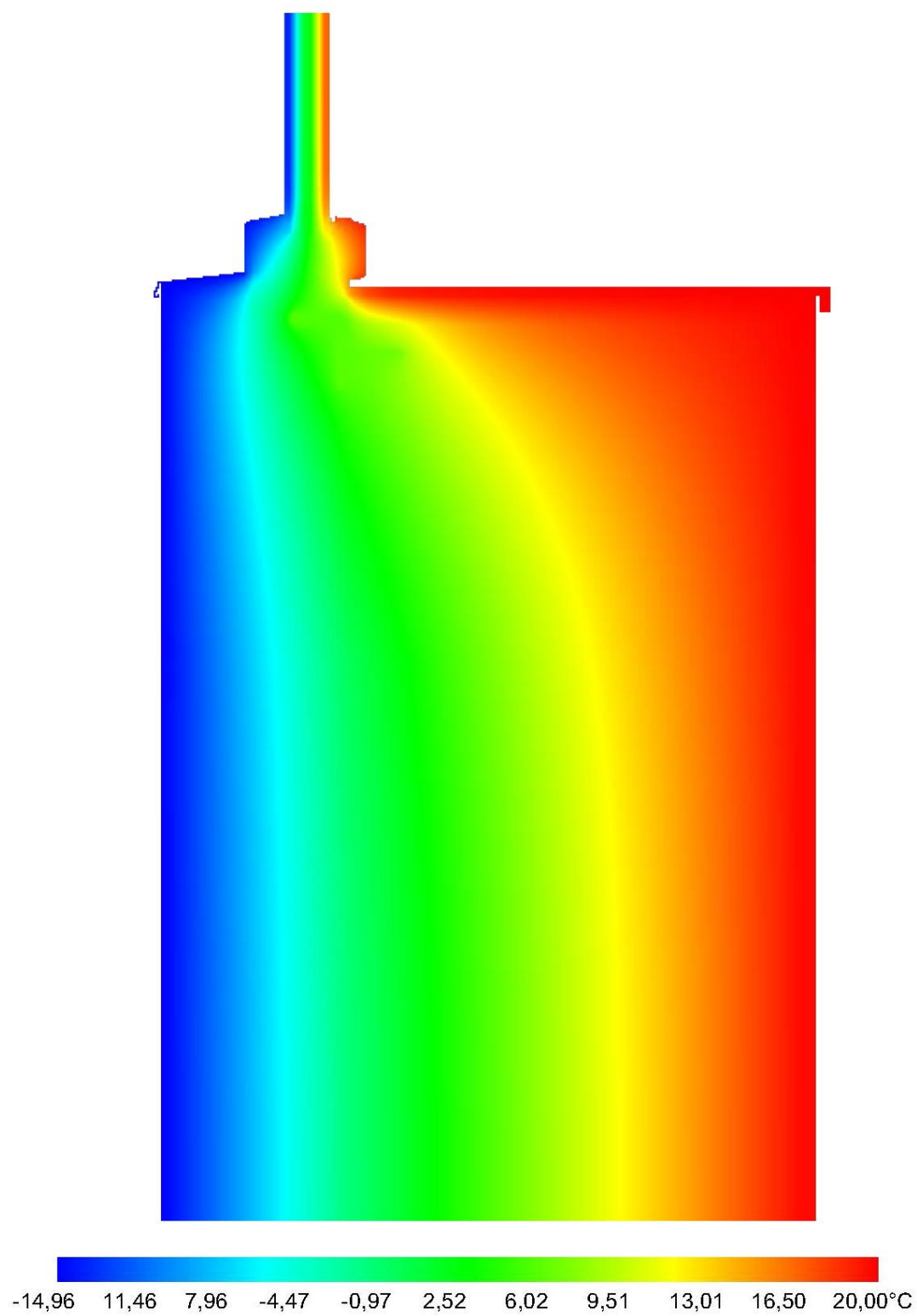
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



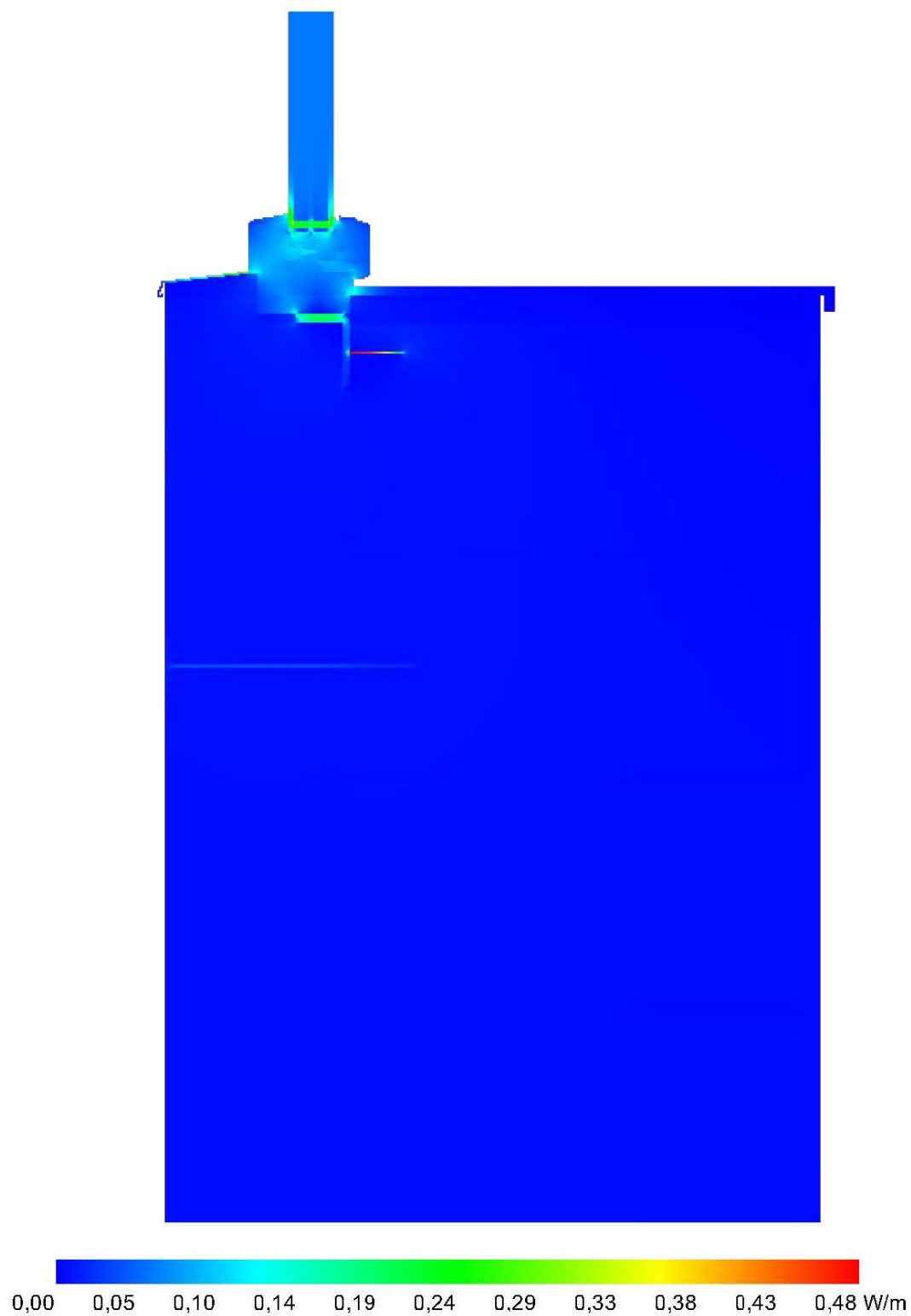
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



### Lineární činitel prostupu tepla - osazení okna v místě parapetu

<b>1</b>	<b>Plošná konstrukce č.1</b>
----------	------------------------------

Konstrukce č. Popis konstrukce

Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²K/W]    vnitřní R<sub>si</sub>: 0,13  
 vnější R<sub>se</sub>: 0,04

Dílčí plocha 1	λ [W/(m·K)]	Dílčí plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(m·K)]	Dílčí plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(m·K)]
1. INTERIÉROVÝ NÁTĚR	0,670				
2. VNITŘNÍ PODKLAD	0,480				
3. HELUZ FAMILY 2IN1	0,064				
4. POLIST. PĚN. EPS 70F	0,039				
5. DISPERZNÍ ŠTERKA	0,700				
6. SILIKONOVÁ OMÍTKA	0,700				
7.					
8.					

Podíl dílčí plochy 2  
Podíl dílčí plochy 3

**Součinitel U:** 0,0760 [W/(m²K)]

Celková šířka  
tloušťka [mm]
 

2
14
500
200
2
2

 Celkem  
72,0 cm

# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

## 1. Identifikační údaje:

Název projektu: ZTUŽUJÍCÍ VĚNEC STROPU

Datum: 24. října 2017

## 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	2 339 x 1 653 ks	Buněk s materiálem	416 905 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	2 199 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,002 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M01 - CIHEL. TVAROVKA - MIAKO		660,00	0,730	1000,00
M03 - PUR PĚNA		20,00	0,030	1400,00
M05 - BETON HELUZ - STROP		2200,00	1,300	1020,00
M13 - BETON HUTNÝ		2200,00	1,300	1020,00
M15 - VZDUCH. MEZERA - MIAKO		1,20	0,540	1010,00
M17 - MALTA VÁPENOCEMENTOVÁ		1850,00	0,970	840,00
M25 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M26 - ŽELEZO STAVEBNÍ		7850,00	58,000	440,00
M33 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M36 - IZOL. PÁSEK ISOVER N/PP		23,00	0,036	1270,00
M37 - SEPARAČNÍ FÓLIE		1100,00	0,370	1430,00
M38 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M39 - FASÁDNÍ HMOŽDÍNKA ETICS		920,00	0,230	1470,00
M41 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M42 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M50 - ASFALTOVÝ PÁS		1400,00	0,210	1470,00
M51 - MIRELON (2 MM)		25,00	0,046	1270,00
M53 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00
M54 - POLYST. EPS 150 ŠEDÝ (la=0,031)		23,00	0,030	1270,00
M58 - PLOVOUCÍ PODLAHA - DUB		550,00	0,270	2000,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P06 - Interiér - Podlaha ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 6$ )		0,996	20,000	6,000
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		0,908	20,000	8,000
P08 - Interiér - Strop ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 10$ )		0,996	20,000	10,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		1,500	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

### 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,992^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 4,44\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,882^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,99^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -4,44\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,89^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$
Kritérium konvergence	$5E-004 < 0,020$	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00\ \text{W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$6E-004 < 0,001$	Počet řešených rovnic	416 905 rovnic

Kritérium konvergence - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Chyba výpočtu podle normy - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max}\ [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min}\ [^{\circ}\text{C}]$
P06 - Interiér - Podlaha ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 6$ )		0,272	0,273	19,992	19,634
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		2,058	2,266	19,798	19,278
P08 - Interiér - Strop ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 10$ )		2,114	2,122	19,924	19,223
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-4,439	-2,959	-14,811	-14,886

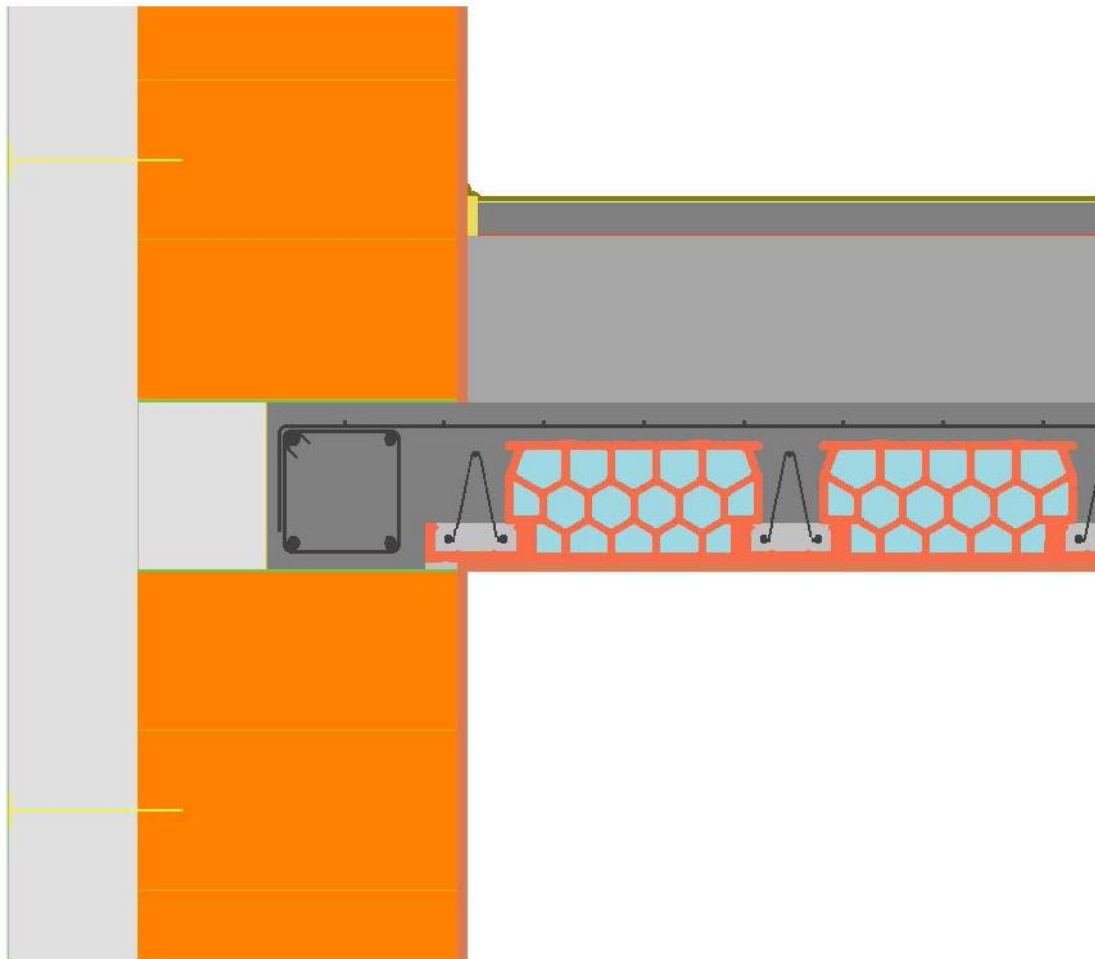
Výsledný lineární činitel prostupu tepla:

Teplota okrajové podmínky	$t =$	- 15,000 [ $^{\circ}\text{C}$ ]
Součinitel přestupu tepla	$\alpha =$	23,000 [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]
Počet vložených okrajových podmínek	$n =$	750 [ks]
Celková délka okrajové podmínky	$l =$	1,500 [m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$Q =$	- 4,439 [ $\text{W}/\text{m}$ ]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$q =$	- 2,959 [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]
Rozdíl teplot $\Delta T = (T_i - T_e)$		
	$\Delta T =$	35,000 [ $\text{K}$ ]
Součinitel prostupu tepla konstrukcí		
	$U =$	0,076 [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]
Přepočítat lineární činitel prostupu tepla $\Psi$ [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ] podle normy ČSN EN ISO 10211		
Zadaný součinitel prostupu tepla konstrukcí	$U =$	0,076 [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]
Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí	$PrumU =$	0,085 [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	1,500 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	3,990 [ $\text{W}/\text{m}$ ]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	4,439 [ $\text{W}/\text{m}$ ]
Rodíl tepelných toků mezi 1D a 2D řešením	$Q21 =$	0,449 [ $\text{W}/\text{m}$ ]
Tepelná propustnost	$L2D =$	0,127 [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]
Lineární činitel prostupu tepla	$\Psi =$	0,013 [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]



#### 4. Grafický výstup:

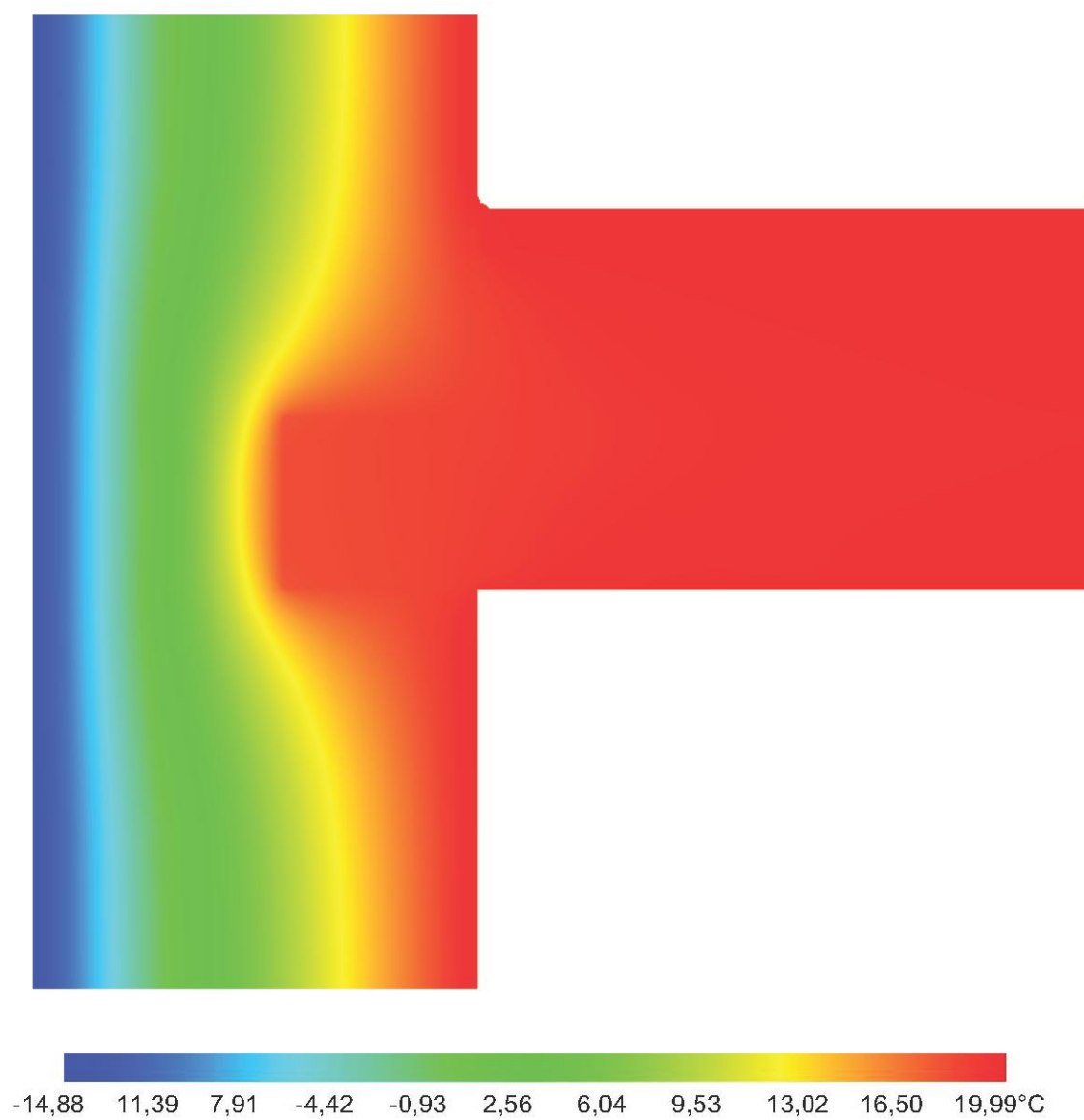
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



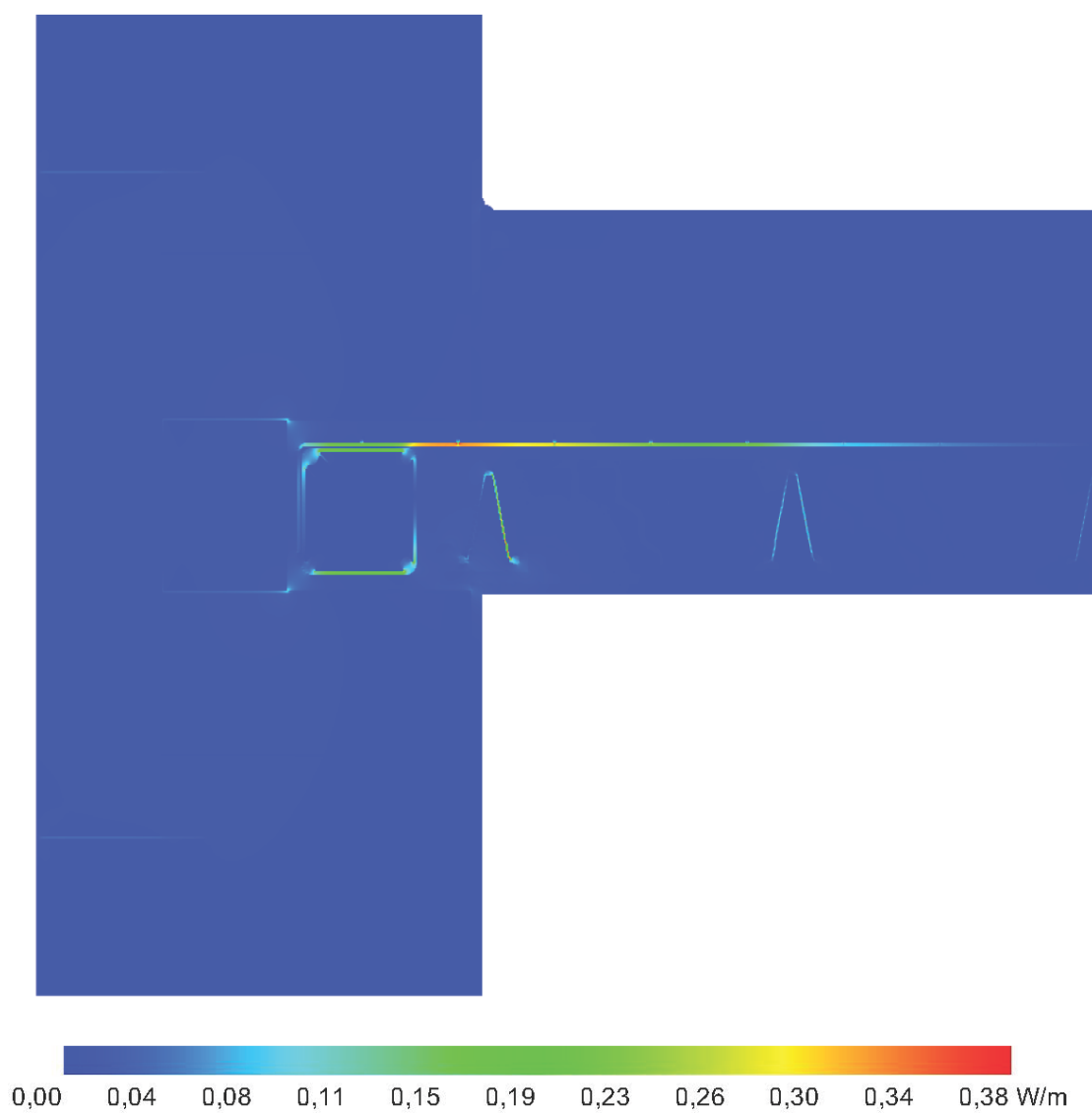
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



## 6. Modelace stavebních detailů vyskytujících se u rekonstruovaných objektů

Tato kapitola je zaměřená na tepelné mosty stavebních detailů, které lze běžně spatřit u rekonstruovaných budov. Řešené stavební detaily (nezateplená stěna z keramických tvarovek, nezateplený sokl, ostění okna bez tepelné izolace a zateplený strop pod nevytápěnou půdou) jsou detaily rodinného domu, který prošel kompletní rekonstrukcí na přelomu tisíciletí (*obr. 19*). Faktem tedy je, že tento rodinný dům neoplývá velkým množstvím tepelných izolací, jakožto tomu je u dnešních novostaveb. I když je tento rodinný dům poměrně „nový“, tak překypuje množstvím nevyřešených stavebních detailů.

Snahou tedy bylo zařazení těchto stavebních detailů z hlediska jejich energetické náročnosti. U stavebních detailů provedených v letech minulých je největší problém s vyjádřením hodnoty součinitele prostupu tepla, jelikož je velmi obtížné zvolit korektní součinitele tepelné vodivosti materiálů tvořících kompletní stavební detail. Z tohoto důvodu byly provedeny experimentální měření, díky nimž lze velmi elegantním způsobem vypočítat hodnoty součinitelů prostupu tepla zkoumaných konstrukcí.



*Obr. 19 – Rodinný dům po rekonstrukci realizované na přelomu tisíciletí*

## 6.1 Nezateplená vnější stěna z keramických tvarovek

Prvním stavebním detailem, na němž bylo aplikováno experimentální měření je vnější stěna, která není z vnější strany opatřena tepelným izolantem. Jednoduchou skladbu této vnější stěny a její vypočtený součinitel prostupu tepla ilustruje *tab. 33*.

Skladba řešené stavební konstrukce				
Číslo vrstvy	Název vrstvy	Tloušť. [m]	Tepelná vodivost $\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	Tepelný odpor [ $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ ]
1	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	-	-	0,130
2	Štuková vápenná omítka	0,010	0,880	0,011
3	Jádrová vápenocementová omítka	0,020	0,990	0,020
4	Cihelná tvarnice Keratherm 30 P+D	0,300	0,245	1,224
5	Odpor při přestupu tepla na vnější straně	-	-	0,040
Koreční člen součinitele prostupu tepla $\Delta U_{\text{tbk}}$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]				0,020
Součinitel prostupu tepla zadané konstrukce [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]				<b>0,721</b>

*Tab. 33 – Skladba stavební konstrukce a vypočtený součinitel prostupu tepla*

### • Postup experimentálního měření

V první fázi experimentálního měření byla aplikována 3 čidla na vnitřní povrch řešené stěny, 3 čidla snímající vnitřní teplotu vzduchu a 2 čidla zaznamenávající venkovní teplotu. Všechna tato snímající čidla byla zapojena do ústředny *Almemo*<sup>®</sup> **2890–9** a veškerá naměřená data byla vždy po časovém úseku **10 minut** zaznamenána do paměti. Velmi důležitými okrajovými podmínky měření jsou skutečnosti, že měření probíhalo při režimu vytápění místnosti a pro účely viditelného poklesu povrchových teplot, byl tento režim vytápění přibližně po 3 hodinách (po nashromáždění uspokojivého množství dat) od začátku měření vypnut. Všechny naměřené hodnoty teplot v jednotlivých místech (povrch stěny v interiéru, teplota interiéru a exteriéru) včetně průměrných hodnot zobrazuje *tab. 34*.

# Naměřené hodnoty teplot - nezateplena vnější stěna z keramických tvarovek P+D

Čas měření	Teplota vzduchu v interiéru [°C]				Teplota venkovního vzduchu [°C]			Teplota povrchu konstrukce v interiéru [°C]			
	Č1	Č2	Č3	Průměr	Č4	Č5	Průměr	Č6	Č7	Č8	Průměr
19:52:42	23,5	23,6	23,6	<b>23,61</b>	-0,9	-0,6	<b>-0,75</b>	21,3	21,2	21,4	<b>21,30</b>
20:02:42	23,3	23,4	23,3	<b>23,33</b>	-1,1	-0,8	<b>-0,95</b>	21,2	21,1	21,3	<b>21,20</b>
20:12:42	23,2	23,3	23,1	<b>23,20</b>	-1,3	-1,1	<b>-1,20</b>	21,1	21,0	21,2	<b>21,10</b>
20:22:42	23,1	23,2	23,1	<b>23,13</b>	-1,6	-1,3	<b>-1,45</b>	21,1	21,0	21,1	<b>21,07</b>
20:32:42	23,0	23,1	23,0	<b>23,03</b>	-1,3	-1,0	<b>-1,15</b>	21,1	20,9	21,1	<b>21,03</b>
20:42:42	23,0	22,9	23,0	<b>22,97</b>	-1,3	-1,0	<b>-1,15</b>	21,0	20,9	21,0	<b>20,97</b>
20:52:42	22,9	23,1	22,9	<b>22,97</b>	-1,2	-1,0	<b>-1,10</b>	21,0	20,9	21,0	<b>20,97</b>
21:02:42	23,0	23,1	22,9	<b>23,00</b>	-1,7	-1,3	<b>-1,50</b>	21,0	20,9	21,0	<b>20,97</b>
21:12:42	23,0	23,1	23,0	<b>23,03</b>	-1,5	-1,1	<b>-1,30</b>	21,0	20,9	21,0	<b>20,97</b>
21:22:42	23,1	23,1	23,0	<b>23,07</b>	-1,3	-1,0	<b>-1,15</b>	21,1	20,8	21,0	<b>20,97</b>
21:32:42	23,2	23,2	23,1	<b>23,17</b>	-1,5	-1,2	<b>-1,35</b>	21,1	20,9	21,1	<b>21,03</b>
21:42:42	23,3	23,2	23,2	<b>23,23</b>	-1,4	-1,1	<b>-1,25</b>	21,1	20,9	21,1	<b>21,03</b>
21:52:42	23,4	23,4	23,3	<b>23,37</b>	-1,6	-1,3	<b>-1,45</b>	21,2	21,0	21,2	<b>21,13</b>
22:02:42	23,4	23,4	23,3	<b>23,37</b>	-1,6	-1,3	<b>-1,45</b>	21,2	21,0	21,3	<b>21,17</b>
22:12:42	23,7	23,7	23,5	<b>23,63</b>	-1,7	-1,5	<b>-1,60</b>	21,3	21,0	21,3	<b>21,20</b>
22:22:42	23,9	23,6	23,8	<b>23,77</b>	-1,7	-1,5	<b>-1,60</b>	21,4	21,1	21,4	<b>21,30</b>
22:32:42	23,6	23,5	23,5	<b>23,53</b>	-1,7	-1,4	<b>-1,55</b>	21,3	21,1	21,4	<b>21,27</b>
22:42:42	23,8	23,6	23,7	<b>23,70</b>	-1,6	-1,3	<b>-1,45</b>	21,4	21,1	21,4	<b>21,30</b>
22:52:42	23,6	23,5	23,6	<b>23,57</b>	-1,5	-1,0	<b>-1,25</b>	21,3	21,1	21,3	<b>21,23</b>
23:02:42	23,4	23,6	23,4	<b>23,47</b>	-1,3	-1,0	<b>-1,15</b>	21,3	21,1	21,2	<b>21,20</b>
23:12:42	23,4	23,5	23,4	<b>23,43</b>	-1,6	-1,4	<b>-1,50</b>	21,2	21,0	21,2	<b>21,13</b>
23:22:42	23,3	23,4	23,3	<b>23,33</b>	-1,6	-1,2	<b>-1,40</b>	21,2	21,0	21,1	<b>21,10</b>
23:32:42	23,0	23,2	23,1	<b>23,10</b>	-1,6	-1,3	<b>-1,45</b>	21,1	20,9	21,1	<b>21,03</b>
23:42:42	22,9	23,0	23,0	<b>22,97</b>	-1,7	-1,4	<b>-1,55</b>	21,0	20,9	21,0	<b>20,97</b>
23:52:42	22,8	22,9	22,8	<b>22,83</b>	-1,7	-1,4	<b>-1,55</b>	20,9	20,8	20,9	<b>20,87</b>
0:02:42	22,7	22,8	22,7	<b>22,73</b>	-1,8	-1,5	<b>-1,65</b>	20,9	20,8	20,8	<b>20,83</b>
0:12:42	22,5	22,6	22,5	<b>22,53</b>	-1,6	-1,3	<b>-1,45</b>	20,8	20,6	20,7	<b>20,70</b>
0:22:42	22,3	22,5	22,3	<b>22,37</b>	-2,0	-1,6	<b>-1,80</b>	20,7	20,6	20,6	<b>20,63</b>
0:32:42	22,2	22,4	22,1	<b>22,23</b>	-2,2	-1,9	<b>-2,05</b>	20,6	20,5	20,6	<b>20,57</b>
0:42:42	22,0	22,2	22,1	<b>22,10</b>	-2,0	-1,7	<b>-1,85</b>	20,5	20,4	20,5	<b>20,47</b>
0:52:42	21,9	22,0	22,1	<b>22,00</b>	-3,1	-2,8	<b>-2,95</b>	20,4	20,3	20,4	<b>20,37</b>
1:02:42	21,9	22,0	22,0	<b>21,97</b>	-4,2	-3,8	<b>-4,00</b>	20,4	20,3	20,3	<b>20,33</b>
1:12:42	21,8	21,9	21,9	<b>21,87</b>	-3,7	-3,4	<b>-3,55</b>	20,3	20,2	20,2	<b>20,23</b>
1:22:42	21,6	21,8	21,7	<b>21,70</b>	-3,7	-3,3	<b>-3,50</b>	20,2	20,1	20,1	<b>20,13</b>
1:32:42	21,5	21,7	21,7	<b>21,63</b>	-3,6	-3,3	<b>-3,45</b>	20,2	20,1	20,1	<b>20,13</b>
1:42:42	21,5	21,7	21,6	<b>21,60</b>	-3,4	-3,1	<b>-3,25</b>	20,1	20,0	20,0	<b>20,03</b>
1:52:42	21,4	21,5	21,5	<b>21,47</b>	-3,0	-2,7	<b>-2,85</b>	20,1	20,0	20,0	<b>20,03</b>

*Pokračování tabulky na další straně*

2:02:42	21,3	21,4	21,4	<b>21,37</b>	-2,9	-2,6	<b>-2,75</b>	20,0	19,9	19,9	<b>19,93</b>
2:12:42	21,2	21,3	21,4	<b>21,30</b>	-3,0	-2,6	<b>-2,80</b>	20,0	19,8	19,8	<b>19,87</b>
2:22:42	21,1	21,3	21,3	<b>21,23</b>	-2,7	-2,4	<b>-2,55</b>	19,9	19,8	19,8	<b>19,83</b>
2:32:42	21,1	21,3	21,3	<b>21,23</b>	-3,0	-2,7	<b>-2,85</b>	19,8	19,8	19,7	<b>19,77</b>
2:42:42	21,0	21,2	21,2	<b>21,13</b>	-3,0	-2,6	<b>-2,80</b>	19,8	19,7	19,7	<b>19,73</b>
2:52:42	21,0	21,2	21,1	<b>21,10</b>	-3,0	-2,7	<b>-2,85</b>	19,7	19,6	19,6	<b>19,63</b>
3:02:42	20,9	21,1	21,1	<b>21,03</b>	-2,8	-2,5	<b>-2,65</b>	19,7	19,6	19,6	<b>19,63</b>
3:12:42	20,8	21,1	21,0	<b>20,97</b>	-2,4	-2,0	<b>-2,20</b>	19,6	19,5	19,5	<b>19,53</b>
3:22:42	20,7	21,0	20,9	<b>20,87</b>	-2,2	-1,8	<b>-2,00</b>	19,5	19,5	19,5	<b>19,50</b>
3:32:42	20,7	21,0	20,9	<b>20,87</b>	-2,0	-1,6	<b>-1,80</b>	19,5	19,4	19,4	<b>19,43</b>
3:42:42	20,7	20,9	20,9	<b>20,83</b>	-2,0	-1,7	<b>-1,85</b>	19,5	19,4	19,4	<b>19,43</b>
3:52:42	20,7	20,9	20,9	<b>20,83</b>	-2,0	-1,6	<b>-1,80</b>	19,5	19,4	19,3	<b>19,40</b>
4:02:42	20,6	20,8	20,8	<b>20,73</b>	-1,9	-1,6	<b>-1,75</b>	19,4	19,3	19,3	<b>19,33</b>
4:12:42	20,5	20,8	20,7	<b>20,67</b>	-1,9	-1,6	<b>-1,75</b>	19,3	19,2	19,2	<b>19,23</b>
4:22:42	20,4	20,7	20,6	<b>20,57</b>	-1,9	-1,5	<b>-1,70</b>	19,3	19,2	19,1	<b>19,20</b>
4:32:42	20,5	20,7	20,6	<b>20,60</b>	-1,9	-1,6	<b>-1,75</b>	19,3	19,1	19,1	<b>19,17</b>
4:42:42	20,4	20,6	20,5	<b>20,50</b>	-1,8	-1,4	<b>-1,60</b>	19,2	19,1	19,1	<b>19,13</b>
4:52:42	20,3	20,6	20,4	<b>20,43</b>	-1,7	-1,4	<b>-1,55</b>	19,1	19,0	19,0	<b>19,03</b>
5:02:42	20,3	20,5	20,4	<b>20,40</b>	-1,6	-1,3	<b>-1,45</b>	19,1	19,0	18,9	<b>19,00</b>
5:12:42	20,2	20,5	20,4	<b>20,37</b>	-1,8	-1,4	<b>-1,60</b>	19,1	18,9	18,9	<b>18,97</b>
5:22:42	20,2	20,4	20,3	<b>20,30</b>	-1,8	-1,4	<b>-1,60</b>	19,0	18,9	18,8	<b>18,90</b>
5:32:42	20,1	20,4	20,3	<b>20,27</b>	-2,1	-1,7	<b>-1,90</b>	18,9	18,8	18,8	<b>18,83</b>
5:42:42	20,1	20,3	20,3	<b>20,23</b>	-1,9	-1,5	<b>-1,70</b>	18,9	18,8	18,7	<b>18,80</b>
5:52:42	20,1	20,3	20,2	<b>20,20</b>	-1,9	-1,5	<b>-1,70</b>	18,9	18,7	18,7	<b>18,77</b>
6:02:42	20,1	20,2	20,2	<b>20,17</b>	-1,8	-1,4	<b>-1,60</b>	18,8	18,7	18,6	<b>18,70</b>
6:12:42	20,0	20,2	20,1	<b>20,10</b>	-1,8	-1,4	<b>-1,60</b>	18,8	18,6	18,5	<b>18,63</b>
6:22:42	19,9	20,1	20,0	<b>20,00</b>	-2,0	-1,6	<b>-1,80</b>	18,7	18,6	18,5	<b>18,60</b>
6:32:42	19,8	20,1	20,0	<b>19,97</b>	-2,1	-1,6	<b>-1,85</b>	18,7	18,5	18,5	<b>18,57</b>
6:42:42	19,9	20,0	20,1	<b>20,00</b>	-2,0	-1,5	<b>-1,75</b>	18,7	18,5	18,4	<b>18,53</b>
6:52:42	19,8	20,0	20,0	<b>19,93</b>	-1,9	-1,4	<b>-1,65</b>	18,6	18,4	18,4	<b>18,47</b>
7:02:42	19,8	19,9	19,9	<b>19,87</b>	-2,0	-1,6	<b>-1,80</b>	18,6	18,4	18,3	<b>18,43</b>
7:12:42	19,8	19,9	19,9	<b>19,87</b>	-2,0	-1,6	<b>-1,80</b>	18,5	18,4	18,3	<b>18,40</b>
7:22:42	19,7	19,9	19,8	<b>19,80</b>	-2,1	-1,7	<b>-1,90</b>	18,5	18,3	18,2	<b>18,33</b>
7:32:42	19,7	19,8	19,8	<b>19,77</b>	-2,1	-1,6	<b>-1,85</b>	18,5	18,3	18,2	<b>18,33</b>
7:42:42	19,7	19,8	19,8	<b>19,77</b>	-2,0	-1,6	<b>-1,80</b>	18,4	18,2	18,2	<b>18,27</b>
7:52:42	19,7	19,8	19,8	<b>19,77</b>	-1,9	-1,5	<b>-1,70</b>	18,4	18,2	18,1	<b>18,23</b>
8:02:42	19,6	19,7	19,7	<b>19,67</b>	-2,3	-1,8	<b>-2,05</b>	18,3	18,2	18,1	<b>18,20</b>
8:12:42	19,7	19,7	19,8	<b>19,73</b>	-2,2	-1,7	<b>-1,95</b>	18,3	18,1	18,1	<b>18,17</b>
8:22:42	19,5	19,6	19,6	<b>19,57</b>	-2,2	-1,7	<b>-1,95</b>	18,2	18,1	18,0	<b>18,10</b>
8:32:42	19,4	19,6	19,5	<b>19,50</b>	-2,4	-1,8	<b>-2,10</b>	18,2	18,0	18,0	<b>18,07</b>
8:42:42	19,5	19,5	19,7	<b>19,57</b>	-2,4	-2,0	<b>-2,20</b>	18,1	18,0	18,0	<b>18,03</b>
8:52:42	19,3	19,5	19,5	<b>19,43</b>	-2,4	-2,0	<b>-2,20</b>	18,1	18,0	18,0	<b>18,03</b>
8:54:42	19,2	19,4	19,4	<b>19,33</b>	-2,3	-2,0	<b>-2,15</b>	18,1	18,0	17,9	<b>18,00</b>

Tab. 34 – Naměřené hodnoty teplot – nezateplené vnější stěna z keramických tvarovek



Z takto naměřených teplot lze podle níže uvedeného vzorce vyjádřit hodnotu součinitele tepla v jednotlivých krocích výpočtu [36].

$$U = \alpha_i \cdot \frac{\theta_i - \theta_{si}}{\theta_i - \theta_e} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

kde  $\alpha_i$  součinitel přestupu tepla,  $\alpha_i = 8,0 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$ ;  
 $\theta_i$  teplota vzduchu v interiéru [ $^{\circ}\text{C}$ ];  
 $\theta_{si}$  povrchová teplota konstrukce v interiéru [ $^{\circ}\text{C}$ ];  
 $\theta_e$  teplota venkovního vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Vezmeme-li průměrné teploty z jednotlivých úseků (*tab. 34*) a aplikujeme vzorec výše, vyjde nám součinitel prostupu tepla v jednotlivých krocích měření. Konkrétní hodnoty součinitele prostupu tepla v jednotlivých krocích výpočtu jsou zobrazeny v *tab. 35*. V téže tabulce je znázorněn i součinitel prostupu tepla získaný výpočtem z programu *Tepelný výkon* od společnosti Protech spol. s r.o. [29] a součinitel prostupu tepla získaný z programu *CalA* [15]. Z programu *CalA* byly tyto hodnoty získány pomocí řízeného nestacionárního výpočtu, jehož základem byly naměřené teploty v jednotlivých etapách experimentálního měření.

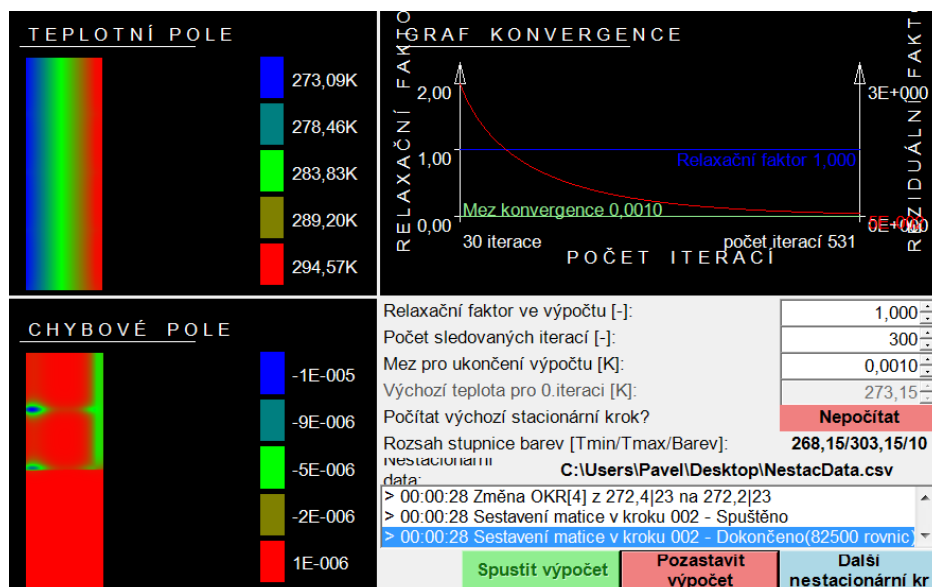
Porovnání hodnot součinitele prostupu tepla získaného různými metodami				
Pol.	Součinitel prostupu tepla [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]			$\Delta U \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$ Měření $\times$ Model
	Program Tepelný výkon (Protech)	Vypočítaný z naměřených hodnot	Vypočítaný z programu CalA	
1	0,721	0,758	0,769	-0,011
2		0,703	0,721	-0,018
3		0,689	0,685	0,004
4		0,673	0,667	0,006
5		0,662	0,656	0,006
6		0,663	0,649	0,014
7		0,665	0,658	0,007
8		0,664	0,661	0,003

*Pokračování tabulky na další straně*

9	0,721	0,679	0,679	0,000
10		0,694	0,698	-0,004
11		0,696	0,720	-0,024
12		0,719	0,738	-0,019
13		0,720	0,766	-0,046
14		0,709	0,763	-0,054
15		0,771	0,818	-0,047
16		0,778	0,843	-0,065
17		0,723	0,779	-0,056
18		0,763	0,821	-0,058
19		0,752	0,790	-0,038
20		0,737	0,767	-0,030
21		0,738	0,747	-0,009
22		0,722	0,727	-0,005
Průměrné hodnoty:		0,713	0,733	-0,020

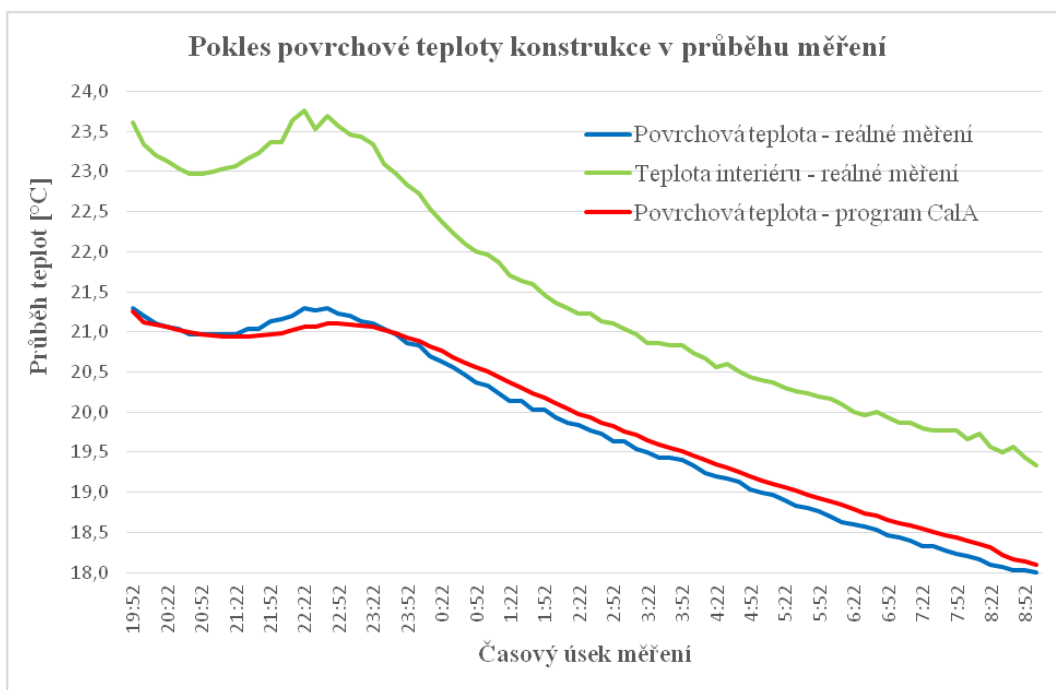
Tab. 35 – Porovnání hodnot součinitelů prostupu tepla získaných různými metodami

Poslední fází experimentálního měření bylo porovnání změřených povrchových teplot a povrchových teplot zjištěných z řízeného nestacionárního výpočtu programu *CalA* (obr. 20).

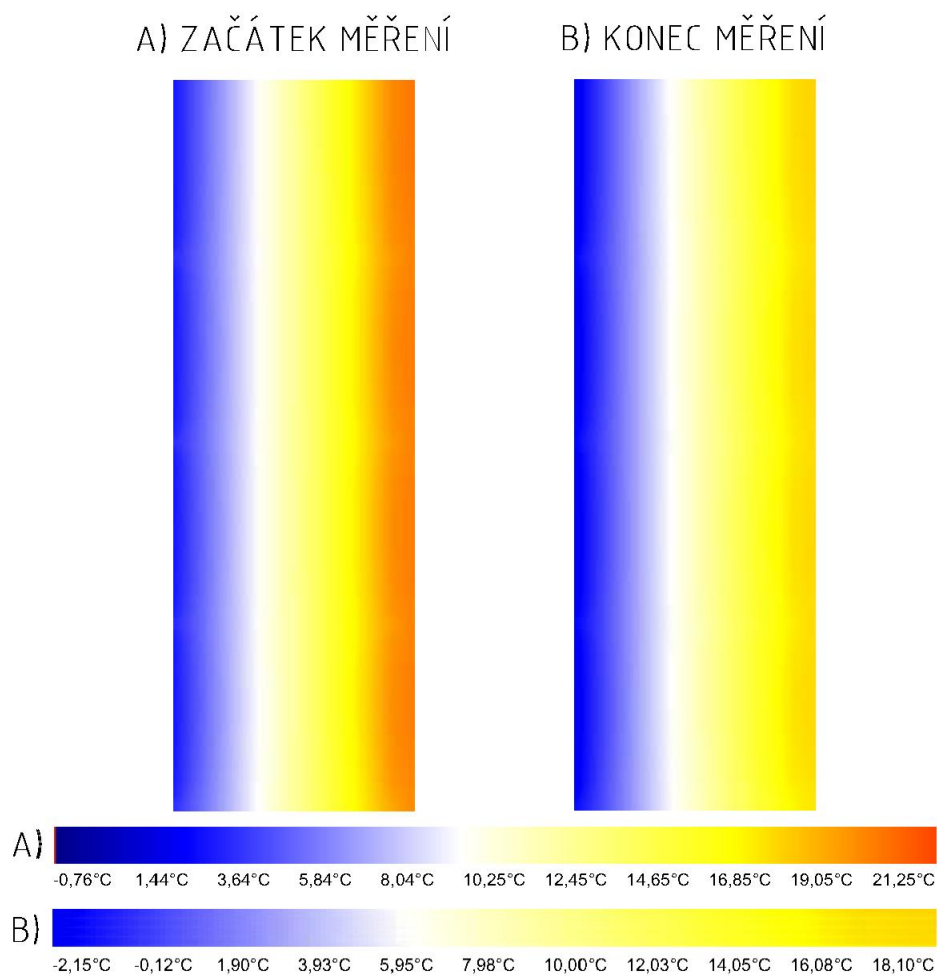


Obr. 20 – Snímek z průběhu řízeného nestacionárního výpočtu v programu *CalA*

Výsledné odchylky v hodnotách povrchových teplot zdárně zobrazuje graf 3 a rozložení teplot v konstrukci vnější stěny na začátku a na konci měření ilustruje obr. 21.



*Graf 3 – Změřené a vypočtené povrchové teploty vnější stěny*



*Obr. 21 – Teplotní pole vnější stěny na začátku a na konci měření*

## 6.2 Vnější stěna s nezatepleným soklem

Druhým stavebním detailem, na němž bylo aplikováno experimentální měření, byla vnější stěna z kamenného zdiva opatřena z vnější strany tepelným izolantem. Skutečná realizace této stěny se řadí k těm méně vydařeným, jelikož má stěna z vnější strany nezateplený sokl, což vede ke snížení povrchové teploty v tomto místě na straně interiéru. Skladba této vnější stěny s nezatepleným soklem a vypočítaný součinitel prostupu tepla jsou uvedené v *tab. 36*.

Skladba řešené stavební konstrukce				
Číslo vrstvy	Název vrstvy	Tloušť. [m]	Tepelná vodivost $\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	Tepelný odpor [ $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ ]
1	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	-	-	0,130
2	Štuková vápenná omítka	0,010	0,880	0,011
3	Jádrová vápenocementová omítka	0,025	0,990	0,025
4	Kamenné zdivo	0,600	4,200	0,143
5	Srovnávací vrstva - vápenocementová malta	0,050	0,970	0,052
6	Tepelná izolace - EPS	0,05	0,06	0,833
7	Disperzní stěrka	0,002	0,700	0,003
8	Fasádní omítka škrabaná	0,002	0,700	0,003
9	Odpor při přestupu tepla na vnější straně	-	-	0,040
Koreční člen součinitele prostupu tepla $\Delta U_{\text{tbc}}$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]				0,150
Součinitel prostupu tepla zadané konstrukce [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]				<b>0,956</b>

*Tab. 36 – Skladba stavební konstrukce a vypočtený součinitel prostupu tepla*

- **Postup experimentálního měření**

V prvním kroku experimentálního měření byla aplikována 2 čidla na vnitřní povrch řešené stěny v místě zateplení, 2 čidla na vnitřní povrch stěny v místě absence tepelného izolantu, 3 čidla snímající vnitřní teplotu vzduchu a 2 čidla zaznamenávající venkovní teplotu. Všechna tato snímající čidla byla zapojena do ústředny *Almemo® 2890-9* a veškerá naměřená data byla vždy po časovém úseku **10 minut** zaznamenána do paměti. Všechny naměřené hodnoty teplot v jednotlivých místech včetně jejich průměrných hodnot zobrazuje *tab. 37*.

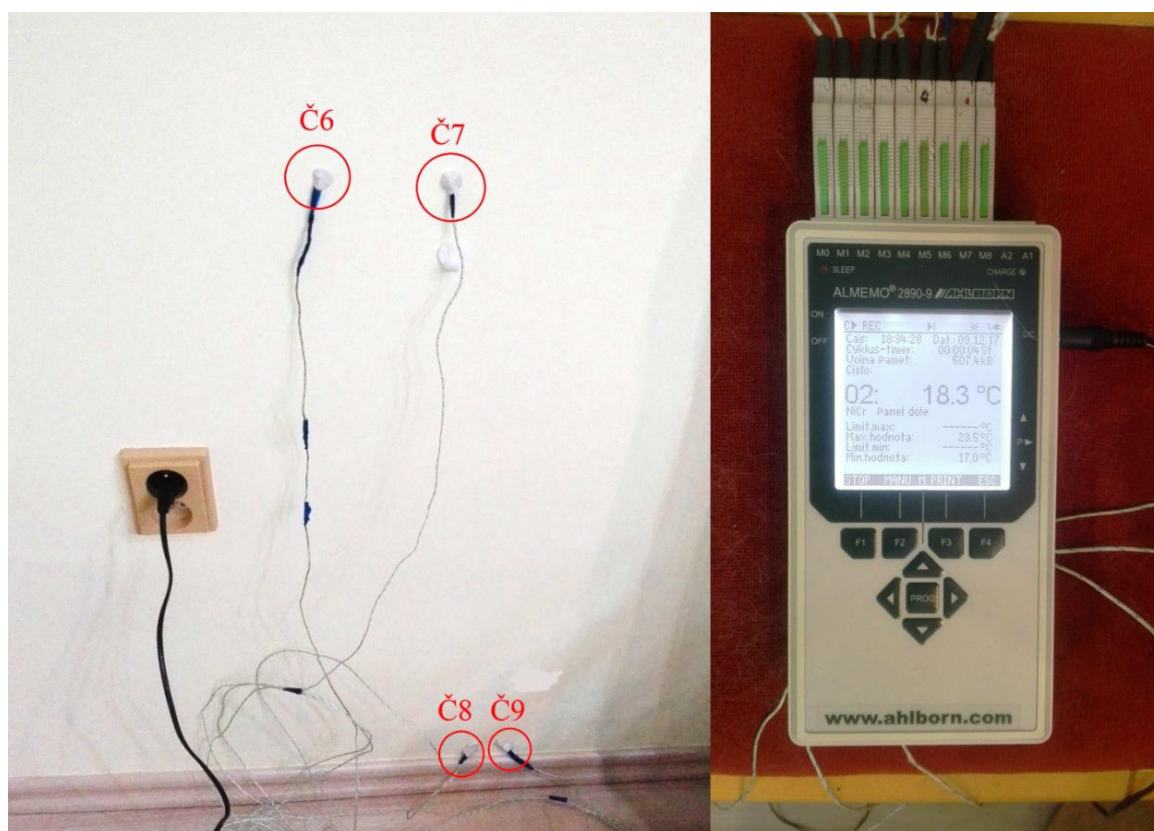
Naměřené hodnoty teplot - zateplená vnější stěna s nezatepleným soklem													
Čas měření	Teplota vzduchu v interiéru [°C]				Teplota venkovního vzduchu [°C]			Teplota povrchu k - ce v interiéru [°C]					
								Zateplená část stěny			Nezateplený sokl		
	Č1	Č2	Č3	Prům.	Č4	Č5	Prům.	Č6	Č7	Prům.	Č8	Č9	Prům.
16:34:31	22,2	22,2	22,5	22,28	0,2	0,1	0,15	19,2	19,5	19,35	17,0	17,0	17,00
16:44:31	22,1	22,5	22,3	22,30	0,0	-0,1	-0,05	19,2	19,4	19,30	17,0	17,0	17,00
16:54:31	22,4	22,5	22,6	22,50	-0,1	-0,1	-0,10	19,3	19,5	19,40	17,1	17,0	17,05
17:04:31	23,0	23,2	23,5	23,22	0,0	0,0	0,00	19,5	19,8	19,65	17,3	17,3	17,30
17:14:31	23,6	23,6	24,0	23,73	-0,2	-0,4	-0,30	19,8	20,1	19,95	17,5	17,4	17,45
17:24:31	23,5	23,5	24,1	23,70	-0,1	-0,2	-0,15	19,9	20,2	20,05	17,6	17,5	17,55
17:34:31	23,4	24,0	24,0	23,80	-0,6	-0,6	-0,60	20,0	20,2	20,10	17,5	17,6	17,55
17:44:31	23,6	23,7	24,0	23,77	-0,9	-0,9	-0,90	20,1	20,3	20,20	17,7	17,6	17,65
17:54:31	23,6	23,8	24,1	23,82	-0,5	-0,5	-0,50	20,1	20,4	20,25	17,7	17,6	17,65
18:04:31	23,6	23,9	24,0	23,83	-0,9	-0,9	-0,90	20,1	20,4	20,25	17,8	17,7	17,75
18:14:31	24,3	24,3	24,6	24,38	-1,3	-1,3	-1,30	20,4	20,7	20,55	17,9	17,8	17,85
18:24:31	24,6	24,4	24,6	24,53	-1,2	-1,1	-1,15	20,6	20,9	20,75	18,1	18,0	18,05
18:34:31	24,7	24,4	24,5	24,53	-1,3	-1,2	-1,25	20,7	21,0	20,85	18,3	18,2	18,25
18:44:31	24,6	24,5	24,4	24,50	-1,5	-1,4	-1,45	20,8	21,1	20,95	18,4	18,3	18,35
18:54:31	24,3	24,2	24,6	24,35	-1,4	-1,3	-1,35	20,8	21,0	20,90	18,3	18,2	18,25
19:04:31	23,9	24,2	24,0	24,02	-1,6	-1,4	-1,50	20,7	20,8	20,75	18,2	18,1	18,15
19:14:31	23,8	24,0	23,9	23,88	-1,7	-1,5	-1,60	20,7	20,8	20,75	18,2	18,1	18,15
19:24:31	23,8	23,9	24,0	23,90	-1,7	-1,6	-1,65	20,7	20,8	20,75	18,3	18,2	18,25
19:34:31	23,8	23,8	24,0	23,87	-1,7	-1,6	-1,65	20,7	20,8	20,75	18,3	18,2	18,25
19:44:31	23,7	23,8	23,9	23,80	-1,9	-1,7	-1,80	20,7	20,8	20,75	18,4	18,2	18,30
19:54:31	23,7	23,7	23,9	23,77	-1,6	-1,4	-1,50	20,8	20,9	20,85	18,4	18,3	18,35
20:04:31	23,8	23,7	23,9	23,78	-1,4	-1,3	-1,35	20,8	20,9	20,85	18,5	18,4	18,45
20:14:31	23,8	23,7	24,0	23,83	-1,5	-1,3	-1,40	20,8	20,9	20,85	18,5	18,4	18,45
20:24:31	23,6	23,6	23,8	23,67	-1,6	-1,5	-1,55	20,8	20,9	20,85	18,5	18,4	18,45
20:34:31	23,6	23,5	23,8	23,63	-1,5	-1,2	-1,35	20,8	20,9	20,85	18,6	18,4	18,50
20:44:31	23,7	23,5	23,8	23,65	-1,3	-1,2	-1,25	20,8	20,9	20,85	18,6	18,5	18,55
20:54:31	23,6	23,5	23,8	23,63	-1,5	-1,3	-1,40	20,8	20,9	20,85	18,6	18,5	18,55
21:04:31	23,6	23,6	23,7	23,62	-1,3	-1,2	-1,25	20,8	20,9	20,85	18,6	18,5	18,55
21:14:31	23,5	23,5	23,7	23,57	-1,4	-1,3	-1,35	20,8	20,9	20,85	18,6	18,5	18,55
21:24:31	23,2	23,3	23,4	23,30	-1,3	-1,2	-1,25	20,8	20,9	20,85	18,6	18,5	18,55
21:34:31	23,1	23,1	23,3	23,17	-1,2	-1,1	-1,15	20,7	20,8	20,75	18,6	18,5	18,55
21:44:31	23,0	22,8	23,2	23,00	-1,5	-1,4	-1,45	20,7	20,8	20,75	18,6	18,4	18,50
21:54:31	22,9	22,7	23,1	22,90	-1,3	-1,0	-1,15	20,7	20,8	20,75	18,6	18,4	18,50
22:04:31	22,7	22,7	22,6	22,67	-1,1	-1,0	-1,05	20,6	20,7	20,65	18,5	18,4	18,45
22:14:31	22,4	22,5	22,5	22,45	-1,0	-0,8	-0,90	20,5	20,6	20,55	18,5	18,3	18,40
22:24:31	22,4	22,3	22,4	22,37	-1,2	-0,9	-1,05	20,5	20,6	20,55	18,4	18,3	18,35
22:34:31	22,3	22,3	22,4	22,32	-1,0	-0,7	-0,85	20,5	20,6	20,55	18,4	18,3	18,35
22:44:31	22,2	22,1	22,3	22,18	-0,9	-0,8	-0,85	20,4	20,5	20,45	18,4	18,2	18,30

*Pokračování tabulky na další straně*

22:54:31	22,1	22,1	22,1	<b>22,10</b>	-1,1	-1,0	<b>-1,05</b>	20,4	20,5	<b>20,45</b>	18,3	18,2	<b>18,25</b>
23:04:31	21,9	21,9	22,0	<b>21,92</b>	-1,1	-0,8	<b>-0,95</b>	20,3	20,4	<b>20,35</b>	18,3	18,1	<b>18,20</b>
23:14:31	21,8	21,9	21,9	<b>21,85</b>	-1,2	-1,0	<b>-1,10</b>	20,3	20,3	<b>20,30</b>	18,2	18,1	<b>18,15</b>
23:24:31	21,7	21,7	21,8	<b>21,72</b>	-1,1	-0,9	<b>-1,00</b>	20,2	20,3	<b>20,25</b>	18,2	18,1	<b>18,15</b>
23:34:31	21,6	21,4	21,6	<b>21,53</b>	-0,9	-0,7	<b>-0,80</b>	20,1	20,2	<b>20,15</b>	18,1	18,0	<b>18,05</b>
23:44:31	21,5	21,4	21,5	<b>21,47</b>	-1,0	-0,8	<b>-0,90</b>	20,1	20,1	<b>20,10</b>	18,1	17,9	<b>18,00</b>
23:54:31	21,4	21,3	21,4	<b>21,37</b>	-1,3	-1,0	<b>-1,15</b>	20,0	20,1	<b>20,05</b>	18,0	17,9	<b>17,95</b>
0:04:31	21,3	21,3	21,3	<b>21,30</b>	-1,3	-1,0	<b>-1,15</b>	20,0	20,0	<b>20,00</b>	18,0	17,8	<b>17,90</b>
0:14:31	21,2	21,2	21,2	<b>21,20</b>	-1,2	-1,0	<b>-1,10</b>	19,9	20,0	<b>19,95</b>	17,9	17,8	<b>17,85</b>
0:24:31	21,1	21,1	21,1	<b>21,10</b>	-1,3	-1,0	<b>-1,15</b>	19,9	19,9	<b>19,90</b>	17,9	17,7	<b>17,80</b>
0:34:31	21,0	21,0	21,0	<b>21,00</b>	-1,0	-0,7	<b>-0,85</b>	19,8	19,9	<b>19,85</b>	17,8	17,7	<b>17,75</b>
0:44:31	20,9	21,0	20,9	<b>20,93</b>	-1,2	-1,0	<b>-1,10</b>	19,8	19,8	<b>19,80</b>	17,8	17,6	<b>17,70</b>
0:54:31	20,8	20,8	20,8	<b>20,80</b>	-1,2	-1,1	<b>-1,15</b>	19,8	19,8	<b>19,80</b>	17,7	17,6	<b>17,65</b>
1:04:31	20,7	20,7	20,7	<b>20,70</b>	-1,2	-1,1	<b>-1,15</b>	19,7	19,8	<b>19,75</b>	17,7	17,5	<b>17,60</b>
1:14:31	20,7	20,7	20,7	<b>20,70</b>	-1,1	-0,8	<b>-0,95</b>	19,7	19,7	<b>19,70</b>	17,6	17,5	<b>17,55</b>
1:24:31	20,6	20,7	20,6	<b>20,63</b>	-1,2	-1,1	<b>-1,15</b>	19,6	19,7	<b>19,65</b>	17,6	17,4	<b>17,50</b>
1:34:31	20,6	20,6	20,5	<b>20,55</b>	-1,0	-0,9	<b>-0,95</b>	19,6	19,6	<b>19,60</b>	17,5	17,4	<b>17,45</b>
1:44:31	20,5	20,5	20,5	<b>20,50</b>	-0,9	-0,9	<b>-0,90</b>	19,5	19,6	<b>19,55</b>	17,5	17,4	<b>17,45</b>
1:54:31	20,4	20,3	20,4	<b>20,37</b>	-1,0	-0,8	<b>-0,90</b>	19,5	19,5	<b>19,50</b>	17,4	17,3	<b>17,35</b>
2:04:31	20,4	20,3	20,4	<b>20,37</b>	-1,1	-0,9	<b>-1,00</b>	19,5	19,5	<b>19,50</b>	17,4	17,3	<b>17,35</b>
2:14:31	20,3	20,2	20,3	<b>20,27</b>	-0,9	-0,6	<b>-0,75</b>	19,4	19,5	<b>19,45</b>	17,4	17,2	<b>17,30</b>
2:24:31	20,2	20,2	20,2	<b>20,20</b>	-0,9	-0,6	<b>-0,75</b>	19,4	19,4	<b>19,40</b>	17,3	17,2	<b>17,25</b>
2:34:31	20,2	20,1	20,2	<b>20,17</b>	-0,9	-0,9	<b>-0,90</b>	19,3	19,4	<b>19,35</b>	17,3	17,1	<b>17,20</b>
2:44:31	20,1	20,1	20,1	<b>20,10</b>	-0,9	-0,9	<b>-0,90</b>	19,3	19,4	<b>19,35</b>	17,2	17,1	<b>17,15</b>
2:54:31	20,1	20,0	20,1	<b>20,07</b>	-0,7	-0,4	<b>-0,55</b>	19,3	19,3	<b>19,30</b>	17,2	17,1	<b>17,15</b>
3:04:31	20,0	20,0	20,0	<b>20,00</b>	-0,9	-0,8	<b>-0,85</b>	19,2	19,3	<b>19,25</b>	17,1	17,0	<b>17,05</b>
3:14:31	20,0	20,0	20,0	<b>20,00</b>	-1,0	-0,9	<b>-0,95</b>	19,2	19,3	<b>19,25</b>	17,1	17,0	<b>17,05</b>
3:24:31	20,0	20,0	19,9	<b>19,95</b>	-1,2	-0,9	<b>-1,05</b>	19,2	19,2	<b>19,20</b>	17,1	17,0	<b>17,05</b>
3:34:31	19,9	19,8	19,9	<b>19,87</b>	-0,8	-0,9	<b>-0,85</b>	19,1	19,2	<b>19,15</b>	17,0	16,9	<b>16,95</b>
3:44:31	19,9	19,8	19,8	<b>19,82</b>	-1,0	-0,9	<b>-0,95</b>	19,1	19,2	<b>19,15</b>	17,0	16,9	<b>16,95</b>
3:54:31	19,8	19,8	19,8	<b>19,80</b>	-1,0	-1,0	<b>-1,00</b>	19,1	19,1	<b>19,10</b>	16,9	16,8	<b>16,85</b>
4:04:31	19,8	19,7	19,7	<b>19,72</b>	-1,0	-0,9	<b>-0,95</b>	19,0	19,1	<b>19,05</b>	16,9	16,8	<b>16,85</b>
4:14:31	19,7	19,7	19,7	<b>19,70</b>	-1,0	-1,0	<b>-1,00</b>	19,0	19,0	<b>19,00</b>	16,9	16,7	<b>16,80</b>
4:24:31	19,7	19,7	19,6	<b>19,65</b>	-1,1	-1,1	<b>-1,10</b>	19,0	19,0	<b>19,00</b>	16,8	16,7	<b>16,75</b>
4:34:31	19,7	19,7	19,6	<b>19,65</b>	-0,9	-0,9	<b>-0,90</b>	18,9	19,0	<b>18,95</b>	16,8	16,6	<b>16,70</b>
4:44:31	19,6	19,6	19,6	<b>19,60</b>	-1,2	-1,1	<b>-1,15</b>	18,9	19,0	<b>18,95</b>	16,7	16,6	<b>16,65</b>
4:54:31	19,6	19,6	19,5	<b>19,55</b>	-1,1	-1,2	<b>-1,15</b>	18,9	18,9	<b>18,90</b>	16,7	16,6	<b>16,65</b>
5:04:31	19,5	19,6	19,5	<b>19,53</b>	-1,1	-1,0	<b>-1,05</b>	18,8	18,9	<b>18,85</b>	16,7	16,5	<b>16,60</b>
5:14:31	19,5	19,5	19,4	<b>19,45</b>	-1,3	-1,2	<b>-1,25</b>	18,8	18,9	<b>18,85</b>	16,6	16,5	<b>16,55</b>
5:24:31	19,5	19,5	19,4	<b>19,45</b>	-1,7	-1,6	<b>-1,65</b>	18,8	18,8	<b>18,80</b>	16,6	16,4	<b>16,50</b>
5:34:31	19,4	19,4	19,4	<b>19,40</b>	-1,4	-1,5	<b>-1,45</b>	18,7	18,8	<b>18,75</b>	16,5	16,4	<b>16,45</b>
5:36:31	19,4	19,4	19,3	<b>19,35</b>	-1,4	-1,4	<b>-1,40</b>	18,7	18,8	<b>18,75</b>	16,5	16,4	<b>16,45</b>

Tab. 37 – Naměřené hodnoty teplot – zateplené vnější stěna s nezatepleným soklem

Fotografie s umístěním čidel na konstrukci vnější stěny s nezatepleným soklem a ústředny *Almemo*<sup>®</sup> 2890–9 jsou zobrazeny na obr. 22.



Obr. 22 – Umístění čidel na stěně během experimentálního měření a ústředna *Almemo*<sup>®</sup> 2890–9

Pomocí stejného vzorce, jenž je uveden v kap. 6.1 se provede výpočet součinitele prostupu tepla s využitím naměřených hodnot z experimentálního měření. Takto vypočtené součinitelé prostupu tepla v jednotlivých fázích měření a součinitelé prostupu tepla získaných pomocí programů *Tepelný výkon* a *CalA* jsou uvedeny v tab. 38. Z programu *CalA* byly tyto hodnoty získány pomocí řízeného nestacionárního výpočtu, jehož základem byly naměřené teploty v jednotlivých etapách experimentálního měření. V tabulce níže je taktéž zobrazen lineární činitel prostupu tepla z jednotlivých kroků výpočtu. Tento lineární činitel prostupu tepla vyjadřuje vliv nezatepleného soklu na výslednou konstrukci (z vyhodnocených hodnot lze snadno usoudit, že nezateplený sokl má na výslednou konstrukci zásadní vliv, neboť požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla dle platné normy činí  $\psi = 0,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ).



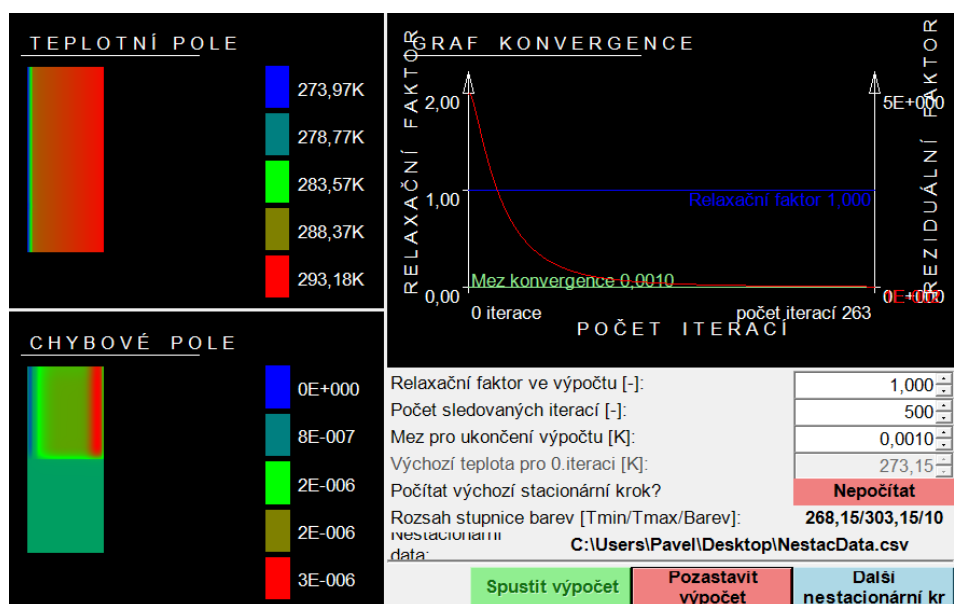
Výpočet součinitele prostupu tepla skrze vzorec uvedený v *kap. 6.1* lze aplikovat až v momentě, kdy je ustálená vnitřní teplota vzduchu v interiéru budovy, jelikož povrchová teplota konstrukce nedokáže okamžitě reagovat na změnu teploty vzduchu v interiéru. Z tohoto důvodu byly vynechány naměřené hodnoty od času 16:34 do 18:54 (v tomto časovém úseku došlo k velkému nárůstu vnitřní teploty vzduchu, což mělo za následek znehodnocení hodnot součinitelů prostupu tepla).

Porovnání hodnot součinitele prostupu tepla získaného různými metodami					
Čas měření	Součinitel prostupu tepla [W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]			ΔU [W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ] Měření × Model	Lineární činitel prostupu tepla ψ [W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
	Program Tepelný výkon	Vypočítaný z naměřených hodnot	Vypočítaný z programu CalA		
19:04:31	0,956	1,024	1,063	-0,039	0,388
19:14:31		0,984	1,029	-0,045	0,359
19:24:31		0,986	1,033	-0,047	0,351
19:34:31		0,977	1,026	-0,049	0,366
19:44:31		0,953	1,003	-0,050	0,414
19:54:31		0,923	1,008	-0,085	0,403
20:04:31		0,934	1,016	-0,082	0,387
20:14:31		0,946	1,024	-0,078	0,370
20:24:31		0,894	0,979	-0,085	0,464
20:34:31		0,891	0,978	-0,087	0,466
20:44:31		0,900	0,987	-0,087	0,447
20:54:31		0,889	0,976	-0,087	0,470
21:04:31		0,890	0,979	-0,089	0,464
Průměrné hodnoty:		0,938	1,008	-0,070	0,411

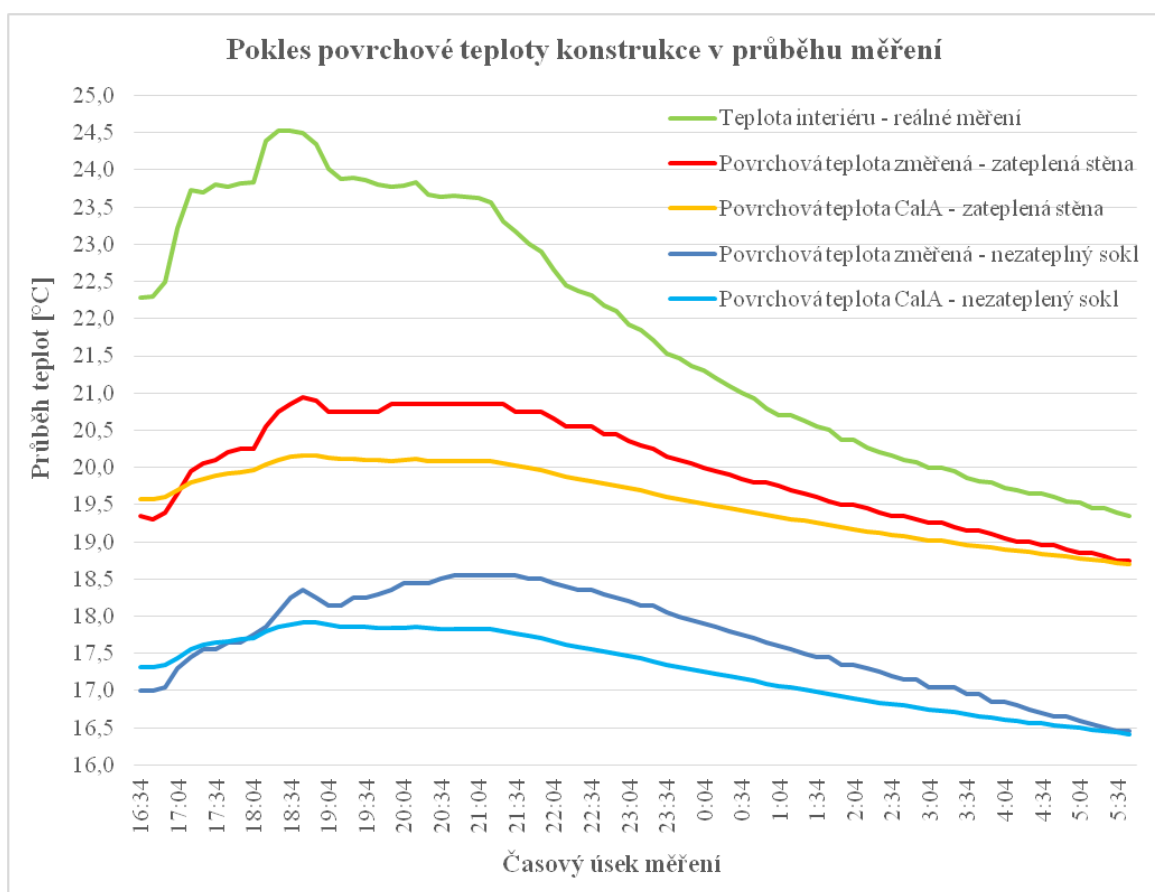
Tab. 38 – Porovnání hodnot součinitelů prostupu tepla získaných různými metodami

Posledním krokem experimentálního měření bylo porovnání změřených povrchových teplot s povrchovými teplotami vypočtenými z řízeného nestacionárního výpočtu programu CalA – *obr. 23*. Hodnoty všech potřebných teplot pro tento nestacionární výpočet byly převzaty z hodnot teplot naměřených v experimentu a výsledné rozdíly v hodnotách teplot mezi experimentálním měřením a výpočtem v programu CalA jsou patrné z *grafu 4*.



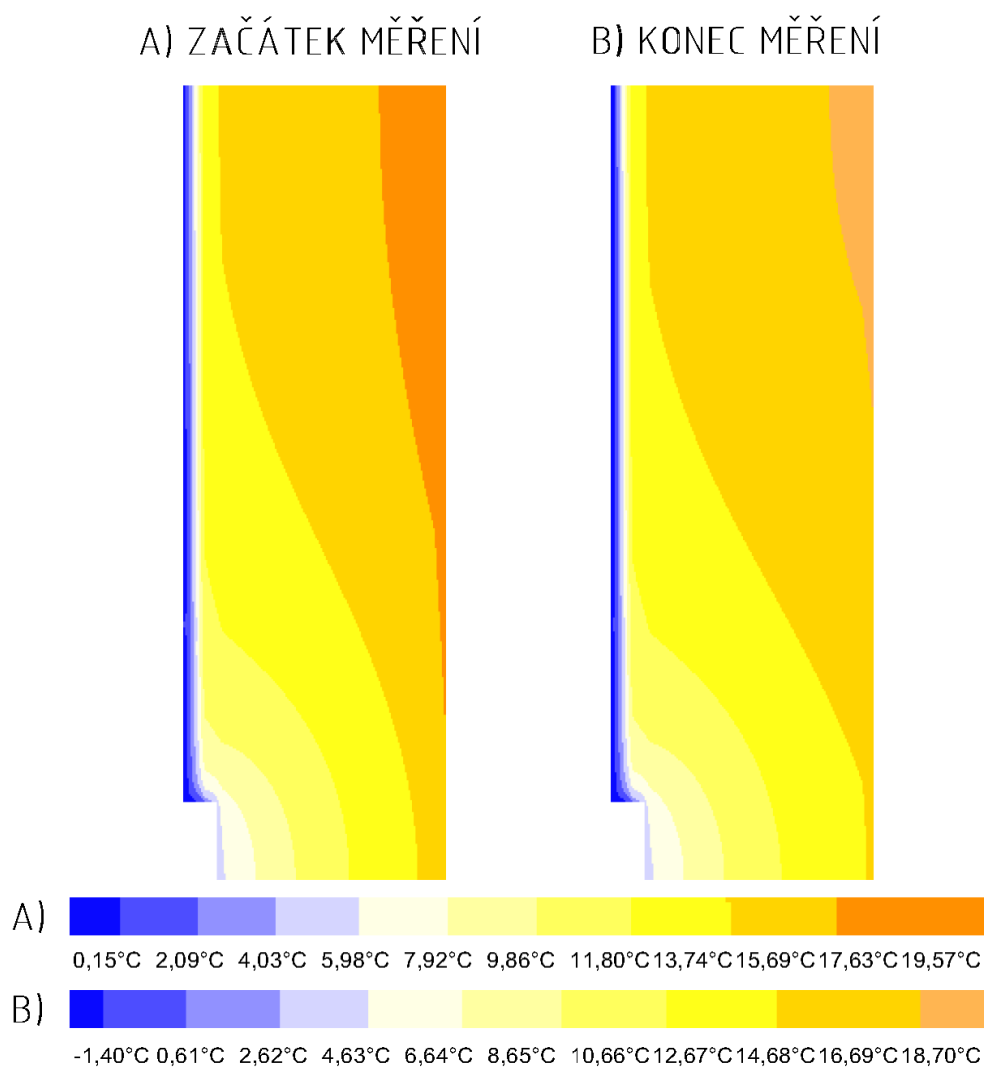


Obr. 23 – Snímek z průběhu řízeného nestacionárního výpočtu v programu CalA



Graf 4 – Změřené a vypočtené povrchové teploty vnější stěny s nezatepleným soklem

Teplotní pole povrchových teplot na vnitřním líci vnější stěny s nezatepleným soklem v období na začátku a na konci měření jsou zobrazena na *obr. 24*.



*Obr. 24 – Teplotní pole vnější stěny s nezatepleným soklem na začátku a na konci měření*

### 6.3 Strop pod nevytápěnou půdou

Třetím stavebním detailem, na němž bylo provedeno experimentální měření je strop pod nevytápěnou půdou. Zajímavostí tohoto stavebního detailu je fakt, že strop obsahuje dva způsoby provedení tepelné izolace. Po celé ploše stropu je vložena mezi nosnými trámkami stávající tepelná izolace z minerální vaty tloušťky 140 mm (realizace 2003). Na tuto stávající tepelnou izolaci je provedena dodatečná tepelná izolace z minerální vaty tloušťky také 140 mm (realizace 2016), ovšem tato izolace je prozatím zrealizována pouze nad polovinou půdorysné plochy stropu. Tyto varianty provedení zateplení stropu umožnily provést experimentální měření na dvou zcela odlišných stavebních konstrukcích. Skladby obou těchto stavebních konstrukcí představuje *tab. 39* a *tab. 40*, a to včetně vypočtených součinitelů prostupu tepla.

Skladba řešené stavební konstrukce - bez přídatné tepelné izolace					
Číslo vrstvy	Název vrstvy	Tloušť. [m]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]		Tepelný odpor [m <sup>2</sup> ·K·W <sup>-1</sup> ]
1	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	-	-		0,100
2	Dřevěnný obklad stropu	0,010	0,490		0,020
3	Dřevo měkké kolmé k vláknům - podbití	0,015	0,180		0,083
4	Minerální vlna (2003) <sup>1)</sup>	0,140	0,046	0,054	2,612
	Dřevo měkké kolmé k vláknům - trámek <sup>1)</sup>		0,180		
5	Odpor při přestupu tepla na vnější straně	-	-		0,040
Pozn.: <sup>1)</sup> U těchto materiálů je zadán celkový (ekvivalentní) součinitel tepelné vodivosti obou vrstev					
Koreční člen součinitele prostupu tepla $\Delta U_{\text{tbk}}$ [W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]					0,020
Součinitel prostupu tepla zadané konstrukce [W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]					0,370

*Tab. 39 – Skladba stavební konstrukce a vypočtený součinitel prostupu tepla – bez přidané tepelné izolace*

Skladba řešené stavební konstrukce - s přídatnou tepelnou izolací				
Číslo vrstvy	Název vrstvy	Tloušť. [m]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	Tepelný odpor [m <sup>2</sup> ·K·W <sup>-1</sup> ]
1	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	-	-	0,100
2	Dřevěnný obklad stropu	0,010	0,490	0,020
3	Dřevo měkké kolmé k vláknům - podbití	0,015	0,180	0,083
4	Minerální vlna (2003) <sup>1)</sup>	0,140	0,046	2,612
	Dřevo měkké kolmé k vláknům - trámek <sup>1)</sup>		0,180	
5	Minerální vlna Uras glasswool (2016)	0,140	0,039	3,590
6	Odpor při přestupu tepla na vnější straně	-	-	0,040
Pozn.: <sup>1)</sup> U těchto materiálů je zadán celkový (ekvivalentní) součinitel tepelné vodivosti obou vrstev				
Koreční člen součinitele prostupu tepla $\Delta U_{tbk}$ [W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]				0,000
Součinitel prostupu tepla zadané konstrukce [W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]				<b>0,155</b>

Tab. 40 – Skladba stavební konstrukce a vypočtený součinitel prostupu tepla – s přídatnou tepelnou izolací

## • Postup experimentálního měření

Postup měření probíhal podobně, jakožto tomu bylo v předešlých měřeních. Dvě čidla byla aplikována na vnitřní povrch stropu bez přídatné tepelné izolace a dvě povrchová čidla na stropní konstrukci s přídatnou tepelnou izolací. Dvě čidla snímala teplotu vzduchu v interiéru i v exteriéru. Všechny naměřené hodnoty teplot v jednotlivých místech včetně jejich průměrných hodnot představuje tab. 41.

Naměřené hodnoty teplot - strop nad nevytápěnou půdou												
Čas měření	Teplota vzduchu v interiéru [°C]			Teplota venkovního vzduchu [°C]			Teplota povrchu k - ce v interiéru [°C]					
							Zateplená část stropu			Nezateplená část stropu		
	Č1	Č2	Prům.	Č3	Č4	Prům.	Č5	Č6	Prům.	Č7	Č8	Prům.
17:57:54	21,0	20,7	<b>20,85</b>	-0,4	-0,2	<b>-0,30</b>	20,5	20,5	<b>20,50</b>	19,5	19,4	<b>19,45</b>
18:07:54	21,1	20,8	<b>20,95</b>	-0,2	0,0	<b>-0,10</b>	20,7	20,5	<b>20,60</b>	19,4	19,5	<b>19,45</b>
18:17:54	21,2	20,9	<b>21,05</b>	0,3	0,5	<b>0,40</b>	20,8	20,6	<b>20,70</b>	19,5	19,5	<b>19,50</b>
18:27:54	21,3	21,0	<b>21,15</b>	-0,3	0,1	<b>-0,10</b>	20,9	20,7	<b>20,80</b>	19,7	19,6	<b>19,65</b>
18:37:54	21,3	21,2	<b>21,25</b>	-0,6	-0,5	<b>-0,55</b>	21,0	20,8	<b>20,90</b>	19,8	19,7	<b>19,75</b>
18:47:54	21,6	21,4	<b>21,50</b>	-0,4	-0,2	<b>-0,30</b>	21,3	21,0	<b>21,15</b>	19,9	19,8	<b>19,85</b>
18:57:54	21,7	21,6	<b>21,65</b>	-1,0	-0,5	<b>-0,75</b>	21,4	21,2	<b>21,30</b>	20,1	20,0	<b>20,05</b>

Pokračování tabulky na další straně

19:07:54	21,8	21,7	<b>21,75</b>	-1,0	-0,3	<b>-0,65</b>	21,5	21,3	<b>21,40</b>	20,2	20,2	<b>20,20</b>
19:17:54	21,9	21,8	<b>21,85</b>	-1,4	-1,0	<b>-1,20</b>	21,6	21,3	<b>21,45</b>	20,4	20,3	<b>20,35</b>
19:27:54	22,0	21,9	<b>21,95</b>	-1,6	-1,2	<b>-1,40</b>	21,6	21,5	<b>21,55</b>	20,5	20,4	<b>20,45</b>
19:37:54	22,1	22,0	<b>22,05</b>	-1,5	-1,4	<b>-1,45</b>	21,7	21,6	<b>21,65</b>	20,6	20,5	<b>20,55</b>
19:47:54	22,3	22,2	<b>22,25</b>	-1,2	-0,9	<b>-1,05</b>	21,9	21,8	<b>21,85</b>	20,7	20,6	<b>20,65</b>
19:57:54	22,5	22,4	<b>22,45</b>	-1,5	-1,0	<b>-1,25</b>	22,2	21,9	<b>22,05</b>	20,9	20,8	<b>20,85</b>
20:07:54	22,6	22,5	<b>22,55</b>	-1,4	-1,2	<b>-1,30</b>	22,3	22,0	<b>22,15</b>	21,0	20,9	<b>20,95</b>
20:17:54	22,7	22,5	<b>22,60</b>	-1,2	-0,8	<b>-1,00</b>	22,4	22,0	<b>22,20</b>	21,1	21,0	<b>21,05</b>
20:27:54	22,8	22,6	<b>22,70</b>	-1,2	-1,0	<b>-1,10</b>	22,5	22,1	<b>22,30</b>	21,2	21,0	<b>21,10</b>
20:37:54	22,8	22,6	<b>22,70</b>	-1,1	-0,9	<b>-1,00</b>	22,7	22,2	<b>22,45</b>	21,2	21,1	<b>21,15</b>
20:47:54	22,9	22,6	<b>22,75</b>	-1,6	-1,4	<b>-1,50</b>	22,7	22,3	<b>22,50</b>	21,3	21,1	<b>21,20</b>
20:57:54	22,8	22,6	<b>22,70</b>	-1,3	-0,9	<b>-1,10</b>	22,7	22,3	<b>22,50</b>	21,3	21,1	<b>21,20</b>
21:07:54	22,9	22,6	<b>22,75</b>	-1,6	-1,3	<b>-1,45</b>	22,7	22,3	<b>22,50</b>	21,3	21,2	<b>21,25</b>
21:17:54	22,8	22,6	<b>22,70</b>	-1,1	-0,9	<b>-1,00</b>	22,7	22,4	<b>22,55</b>	21,4	21,2	<b>21,30</b>
21:27:54	22,9	22,6	<b>22,75</b>	-0,9	-0,5	<b>-0,70</b>	22,8	22,5	<b>22,65</b>	21,5	21,3	<b>21,40</b>
21:37:54	23,2	23,1	<b>23,15</b>	-1,6	-1,2	<b>-1,40</b>	23,0	22,6	<b>22,80</b>	21,6	21,5	<b>21,55</b>
21:47:54	23,5	23,3	<b>23,40</b>	-1,7	-1,4	<b>-1,55</b>	23,1	22,7	<b>22,90</b>	21,8	21,6	<b>21,70</b>
21:57:54	23,8	23,5	<b>23,65</b>	-1,4	-1,0	<b>-1,20</b>	23,2	22,9	<b>23,05</b>	21,9	21,7	<b>21,80</b>
22:07:54	24,0	23,6	<b>23,80</b>	-0,9	-0,8	<b>-0,85</b>	23,4	23,0	<b>23,20</b>	22,0	21,8	<b>21,90</b>
22:17:54	24,0	23,7	<b>23,85</b>	-1,0	-0,7	<b>-0,85</b>	23,5	23,1	<b>23,30</b>	22,1	21,9	<b>22,00</b>
22:27:54	24,1	23,7	<b>23,90</b>	-0,7	-0,5	<b>-0,60</b>	23,5	23,1	<b>23,30</b>	22,2	21,9	<b>22,05</b>
22:37:54	24,0	23,7	<b>23,85</b>	-1,1	-0,8	<b>-0,95</b>	23,5	23,1	<b>23,30</b>	22,2	22,0	<b>22,10</b>
22:47:54	23,7	23,5	<b>23,60</b>	-0,7	-0,6	<b>-0,65</b>	23,5	23,1	<b>23,30</b>	22,2	22,0	<b>22,10</b>
22:57:54	23,5	23,2	<b>23,35</b>	-0,9	-0,5	<b>-0,70</b>	23,4	23,0	<b>23,20</b>	22,2	21,9	<b>22,05</b>
23:07:54	23,1	23,0	<b>23,05</b>	-0,7	-0,4	<b>-0,55</b>	23,2	22,8	<b>23,00</b>	22,1	21,7	<b>21,90</b>
23:17:54	22,9	22,7	<b>22,80</b>	-0,9	-0,6	<b>-0,75</b>	23,1	22,7	<b>22,90</b>	22,0	21,6	<b>21,80</b>
23:27:54	22,9	22,6	<b>22,75</b>	-1,2	-0,9	<b>-1,05</b>	22,9	22,5	<b>22,70</b>	21,8	21,4	<b>21,60</b>
23:37:54	22,7	22,5	<b>22,60</b>	-1,0	-0,7	<b>-0,85</b>	22,7	22,3	<b>22,50</b>	21,6	21,3	<b>21,45</b>
23:47:54	22,5	22,2	<b>22,35</b>	-0,9	-0,5	<b>-0,70</b>	22,6	22,2	<b>22,40</b>	21,5	21,1	<b>21,30</b>
23:57:54	22,3	22,1	<b>22,20</b>	-0,8	-0,5	<b>-0,65</b>	22,4	22,0	<b>22,20</b>	21,4	21,0	<b>21,20</b>
0:07:54	22,2	21,9	<b>22,05</b>	-0,8	-0,6	<b>-0,70</b>	22,2	21,9	<b>22,05</b>	21,2	20,8	<b>21,00</b>
0:17:54	22,0	21,6	<b>21,80</b>	-1,0	-0,6	<b>-0,80</b>	22,0	21,7	<b>21,85</b>	21,1	20,7	<b>20,90</b>
0:27:54	21,8	21,5	<b>21,65</b>	-1,0	-0,7	<b>-0,85</b>	21,9	21,5	<b>21,70</b>	21,0	20,6	<b>20,80</b>
0:37:54	21,6	21,3	<b>21,45</b>	-1,1	-1,0	<b>-1,05</b>	21,8	21,4	<b>21,60</b>	20,8	20,4	<b>20,60</b>
0:47:54	21,3	21,1	<b>21,20</b>	-1,4	-1,0	<b>-1,20</b>	21,6	21,3	<b>21,45</b>	20,8	20,3	<b>20,55</b>
0:57:54	21,2	21,0	<b>21,10</b>	-1,6	-1,2	<b>-1,40</b>	21,4	21,1	<b>21,25</b>	20,7	20,2	<b>20,45</b>
1:07:54	21,0	20,9	<b>20,95</b>	-1,8	-1,4	<b>-1,60</b>	21,3	21,0	<b>21,15</b>	20,6	20,1	<b>20,35</b>
1:17:54	20,9	20,8	<b>20,85</b>	-2,1	-1,5	<b>-1,80</b>	21,2	20,9	<b>21,05</b>	20,5	20,1	<b>20,30</b>
1:27:54	20,8	20,5	<b>20,65</b>	-2,1	-1,7	<b>-1,90</b>	21,1	20,8	<b>20,95</b>	20,4	20,0	<b>20,20</b>
1:37:54	20,7	20,4	<b>20,55</b>	-2,1	-1,5	<b>-1,80</b>	21,0	20,7	<b>20,85</b>	20,3	19,9	<b>20,10</b>
1:47:54	20,5	20,3	<b>20,40</b>	-1,9	-1,6	<b>-1,75</b>	20,9	20,6	<b>20,75</b>	20,3	19,8	<b>20,05</b>
1:57:54	20,4	20,2	<b>20,30</b>	-2,0	-1,6	<b>-1,80</b>	20,8	20,5	<b>20,65</b>	20,2	19,8	<b>20,00</b>
2:07:54	20,2	20,0	<b>20,10</b>	-2,0	-1,6	<b>-1,80</b>	20,7	20,4	<b>20,55</b>	20,1	19,7	<b>19,90</b>

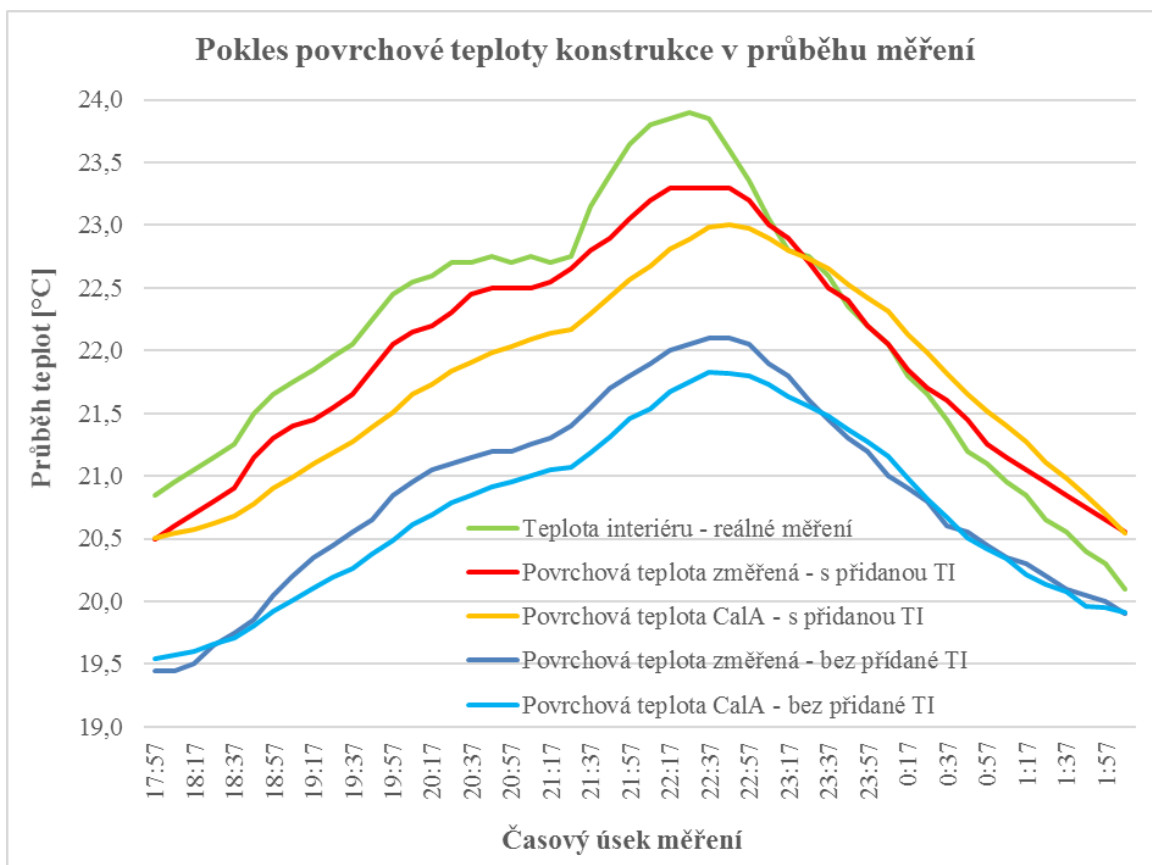
Tab. 41 – Naměřené hodnoty teplot – strop pod nevytápěnou půdou

V další fázi experimentálního měření jsou porovnány součinitele prostupu tepla části konstrukce stropu s přidanou tepelnou izolací. Součinitele prostupu tepla byly získány třemi různými způsoby – programem *Tepelný výkon*, výpočtem z naměřených teplot a pomocí hodnot z programu *CalA*. Výsledné hodnoty součinitelů prostupu tepla ilustruje *tab. 42*.

Porovnání hodnot součinitele prostupu tepla získaného různými metodami				
Čas měření	Součinitel prostupu tepla [W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]			ΔU [W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ] Měření × Model
	Program Tepelný výkon	Vypočítaný z naměřených hodnot	Vypočítaný z programu CalA	
17:57:54	0,155	0,165	0,152	0,013
18:07:54		0,166	0,144	0,022
18:17:54		0,169	0,148	0,021
18:27:54		0,165	0,152	0,013
18:37:54		0,161	0,165	-0,004
18:47:54		0,161	0,146	0,015
18:57:54		0,156	0,162	-0,006
19:07:54		0,156	0,149	0,007
19:17:54		0,174	0,166	0,008
19:27:54		0,171	0,161	0,010
19:37:54		0,170	0,155	0,015
19:47:54		0,172	0,149	0,023
19:57:54		0,169	0,157	0,012
20:07:54		0,168	0,144	0,024
20:17:54		0,169	0,136	0,033
20:27:54		0,168	0,144	0,024
Průměrné hodnoty:		0,166	0,152	0,014

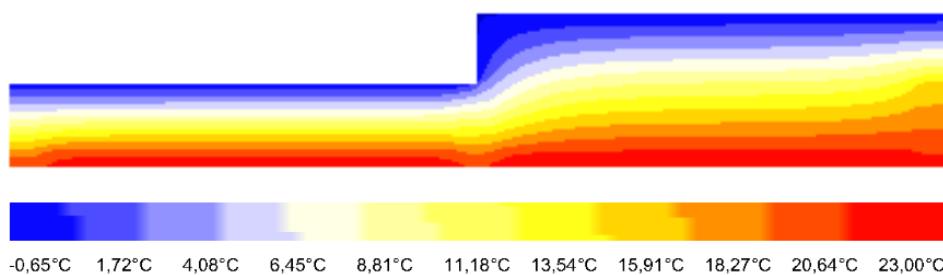
*Tab. 42 – Porovnání hodnot součinitelů prostupu tepla získaných různými metodami*

Posledním krokem tohoto experimentálního měření bylo porovnání změřených povrchových teplot s povrchovými teplotami vypočtenými z řízeného nestacionárního výpočtu programu *CalA*. Hodnoty všech potřebných teplot pro tento nestacionární výpočet byly převzaty z hodnot teplot naměřených v experimentu a výsledné rozdíly v hodnotách teplot mezi experimentálním měřením a výpočtem v programu *CalA* jsou patrné z *grafu 5* a rozložení teplot v průběhu měření znázorňuje *obr. 25*.

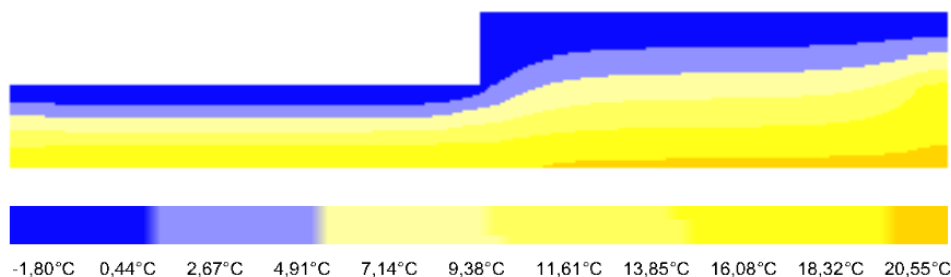


Graf 5 – Změřené a vypočtené vnitřní povrchové teploty stropu pod nevytápěnou půdou

## MAXIMÁLNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA



## MINIMÁLNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA – KONEC MĚŘENÍ



Obr. 25 – Teplotní pole konstrukce stropu s maximální a konečnou povrchovou teplotou

## 6.4 Nezateplené ostění zdvojeného okna

Poslední stavební detail, kterému se věnovalo experimentální měření, je nezateplené ostění zdvojeného okna. Rám zdvojeného okna je usazen ve stejné stěně, na které bylo provedeno měření v *kap. 6.2*. Tento stavební detail se opět řadí mezi ty, jehož zrealizování nepatří mezi zdařilé, jelikož při zateplování vnějšího pláště stěny se tepelně neizolovalo ostění zdvojeného okna.

### • Postup experimentálního měření

I u tohoto experimentálního měření, jakožto tomu bylo u předešlých měření, byly aplikovány čidla snímající teploty v různých místech stavební konstrukce. Na vnitřním lici ostění byla nainstalována 3 povrchová čidla a 1 čidlo snímající teplotu rámu zdvojeného okna. K zjištění vnitřní a venkovní teploty byly použity 4 čidla, které opět po krocích **10 minut** zaznamenávaly naměřené hodnoty teplot do ústředny *Almemo® 2890–9*. Všechny naměřené hodnoty teplot v jednotlivých místech včetně jejich průměrných hodnot zobrazuje *tab. 43*.

Naměřené hodnoty teplot - nezateplené ostění zdvojeného okna											
Čas měření	Teplota vzduchu v interiéru [°C]			Teplota venkovního vzduchu [°C]			Teplota povrchu konstrukce v interiéru [°C]				
	Č1	Č2	Průměr	Č4	Č5	Průměr	Povrch vnitřního ostění				Křídlo okna
20:57:58	20,9	21,2	<b>21,05</b>	-2,5	-2,4	<b>-2,45</b>	19,5	19,2	18,9	<b>19,20</b>	18,6
21:07:58	20,9	21,1	<b>21,00</b>	-2,6	-2,4	<b>-2,50</b>	19,3	19,1	18,8	<b>19,07</b>	18,4
21:17:58	20,8	21,0	<b>20,90</b>	-2,5	-2,4	<b>-2,45</b>	19,3	19,1	18,7	<b>19,03</b>	18,3
21:27:58	20,7	20,9	<b>20,80</b>	-3,1	-2,9	<b>-3,00</b>	19,2	19,0	18,6	<b>18,93</b>	18,2
21:37:58	20,7	20,8	<b>20,75</b>	-3,1	-3,0	<b>-3,05</b>	19,1	18,9	18,5	<b>18,83</b>	18,1
21:47:58	20,6	20,8	<b>20,70</b>	-3,1	-3,1	<b>-3,10</b>	19,0	18,8	18,4	<b>18,73</b>	18,0
21:57:58	20,5	20,7	<b>20,60</b>	-3,4	-3,3	<b>-3,35</b>	18,9	18,7	18,4	<b>18,67</b>	17,9
22:07:58	20,5	20,6	<b>20,55</b>	-3,0	-2,9	<b>-2,95</b>	18,8	18,7	18,3	<b>18,60</b>	17,7
22:17:58	20,4	20,5	<b>20,45</b>	-3,5	-3,3	<b>-3,40</b>	18,8	18,6	18,2	<b>18,53</b>	17,7
22:27:58	20,4	20,5	<b>20,45</b>	-3,1	-2,8	<b>-2,95</b>	18,7	18,5	18,2	<b>18,47</b>	17,5
22:37:58	20,3	20,4	<b>20,35</b>	-3,1	-2,9	<b>-3,00</b>	18,6	18,4	18,1	<b>18,37</b>	17,5
22:47:58	20,2	20,3	<b>20,25</b>	-3,1	-2,9	<b>-3,00</b>	18,6	18,4	18,0	<b>18,33</b>	17,4
22:57:58	20,2	20,3	<b>20,25</b>	-2,6	-2,4	<b>-2,50</b>	18,5	18,3	18,0	<b>18,27</b>	17,3
23:07:58	20,1	20,2	<b>20,15</b>	-2,2	-2,0	<b>-2,10</b>	18,4	18,2	17,9	<b>18,17</b>	17,2
23:17:58	20,1	20,2	<b>20,15</b>	-1,7	-1,5	<b>-1,60</b>	18,4	18,2	17,8	<b>18,13</b>	17,1

*Pokračování tabulky na další straně*

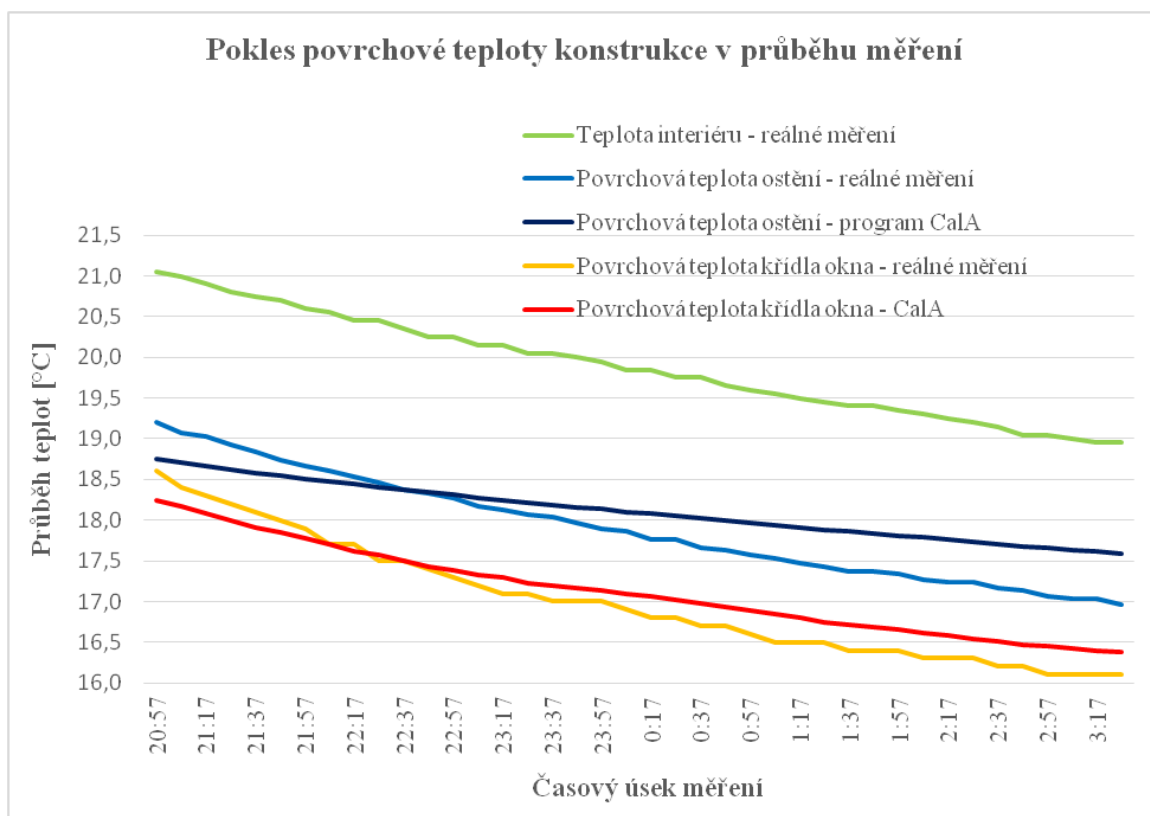


23:27:58	20,0	20,1	<b>20,05</b>	-1,8	-1,5	<b>-1,65</b>	18,3	18,1	17,8	<b>18,07</b>	17,1
23:37:58	20,0	20,1	<b>20,05</b>	-1,6	-1,4	<b>-1,50</b>	18,3	18,1	17,7	<b>18,03</b>	17,0
23:47:58	20,0	20,0	<b>20,00</b>	-1,4	-1,2	<b>-1,30</b>	18,2	18,0	17,7	<b>17,97</b>	17,0
23:57:58	19,9	20,0	<b>19,95</b>	-1,7	-1,6	<b>-1,65</b>	18,1	18,0	17,6	<b>17,90</b>	17,0
0:07:58	19,8	19,9	<b>19,85</b>	-2,4	-2,4	<b>-2,40</b>	18,1	17,9	17,6	<b>17,87</b>	16,9
0:17:58	19,8	19,9	<b>19,85</b>	-2,7	-2,6	<b>-2,65</b>	18,0	17,8	17,5	<b>17,77</b>	16,8
0:27:58	19,7	19,8	<b>19,75</b>	-3,0	-2,9	<b>-2,95</b>	18,0	17,8	17,5	<b>17,77</b>	16,8
0:37:58	19,7	19,8	<b>19,75</b>	-3,0	-2,9	<b>-2,95</b>	17,9	17,7	17,4	<b>17,67</b>	16,7
0:47:58	19,6	19,7	<b>19,65</b>	-2,9	-2,7	<b>-2,80</b>	17,9	17,7	17,3	<b>17,63</b>	16,7
0:57:58	19,5	19,7	<b>19,60</b>	-3,0	-2,7	<b>-2,85</b>	17,8	17,6	17,3	<b>17,57</b>	16,6
1:07:58	19,5	19,6	<b>19,55</b>	-2,8	-2,6	<b>-2,70</b>	17,8	17,6	17,2	<b>17,53</b>	16,5
1:17:58	19,4	19,6	<b>19,50</b>	-3,0	-2,7	<b>-2,85</b>	17,7	17,5	17,2	<b>17,47</b>	16,5
1:27:58	19,3	19,6	<b>19,45</b>	-2,6	-2,3	<b>-2,45</b>	17,7	17,5	17,1	<b>17,43</b>	16,5
1:37:58	19,3	19,5	<b>19,40</b>	-2,7	-2,4	<b>-2,55</b>	17,6	17,4	17,1	<b>17,37</b>	16,4
1:47:58	19,3	19,5	<b>19,40</b>	-1,8	-1,6	<b>-1,70</b>	17,6	17,4	17,1	<b>17,37</b>	16,4
1:57:58	19,2	19,5	<b>19,35</b>	-2,0	-1,7	<b>-1,85</b>	17,6	17,4	17,0	<b>17,33</b>	16,4
2:07:58	19,2	19,4	<b>19,30</b>	-1,7	-1,5	<b>-1,60</b>	17,5	17,3	17,0	<b>17,27</b>	16,3
2:17:58	19,2	19,3	<b>19,25</b>	-1,6	-1,4	<b>-1,50</b>	17,5	17,3	16,9	<b>17,23</b>	16,3
2:27:58	19,1	19,3	<b>19,20</b>	-1,5	-1,2	<b>-1,35</b>	17,5	17,3	16,9	<b>17,23</b>	16,3
2:37:58	19,0	19,3	<b>19,15</b>	-1,4	-1,1	<b>-1,25</b>	17,4	17,2	16,9	<b>17,17</b>	16,2
2:47:58	18,9	19,2	<b>19,05</b>	-1,2	-0,9	<b>-1,05</b>	17,4	17,2	16,8	<b>17,13</b>	16,2
2:57:58	18,9	19,2	<b>19,05</b>	-1,1	-0,8	<b>-0,95</b>	17,3	17,1	16,8	<b>17,07</b>	16,1
3:07:58	18,8	19,2	<b>19,00</b>	-1,1	-0,8	<b>-0,95</b>	17,3	17,1	16,7	<b>17,03</b>	16,1
3:17:58	18,7	19,2	<b>18,95</b>	-1,0	-0,7	<b>-0,85</b>	17,3	17,1	16,7	<b>17,03</b>	16,1
3:27:58	18,8	19,1	<b>18,95</b>	-1,1	-0,9	<b>-1,00</b>	17,2	17,0	16,7	<b>16,97</b>	16,1

Tab. 43 – Naměřené hodnoty teplot – nezateplené ostění zdvojeného okna

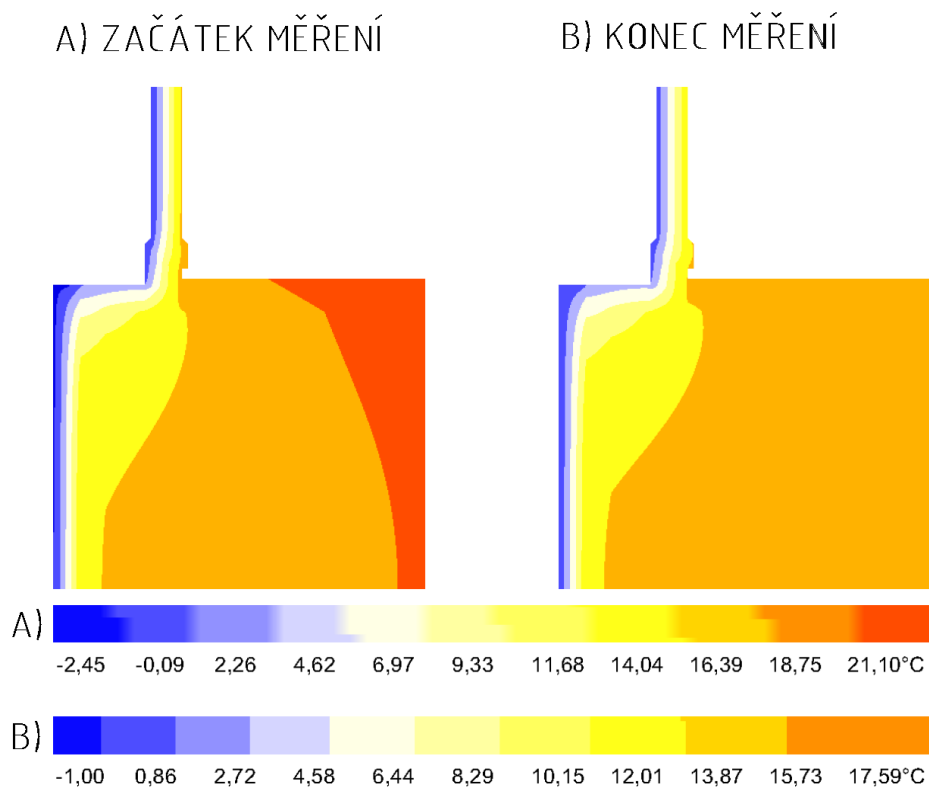
K účelům verifikace naměřených teplot byl proveden nestacionární výpočet vedení tepla v programu *CalA*. Použité okrajové podmínky, sloužící pro tento výpočet, byly naměřené teploty venkovního a vnitřního vzduchu v jednotlivých krocích experimentálního měření. Výsledné rozdíly mezi reálným měřením a nestacionárním výpočtem představuje graf 6.

Z tohoto grafu je patrné, že maximální teplotní rozdíl mezi naměřenými a vypočtenými hodnotami povrchových teplot ostění je  $\Delta 0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a maximální teplotní rozdíl u povrchových teplot rámu dokonce tato difference činí pouze  $\Delta 0,35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Z těchto výsledků je zřejmé, že naměřené a vypočtené hodnoty jednotlivých teplot se příliš neliší. Tato skutečnost vede k závěru, že programy založené na principech vedení tepla, lze doporučit k používání pro nalezení povrchových teplot ve stavebních konstrukcích a k hledání ostatních požadovaných hodnot (součinitel prostupu tepla, lineární tepelná propustnost, lineární činitel prostupu tepla apod.).



Graf 6 – Změřené a vypočtené vnitřní povrchové teploty ostění a rámu zdvojeného okna

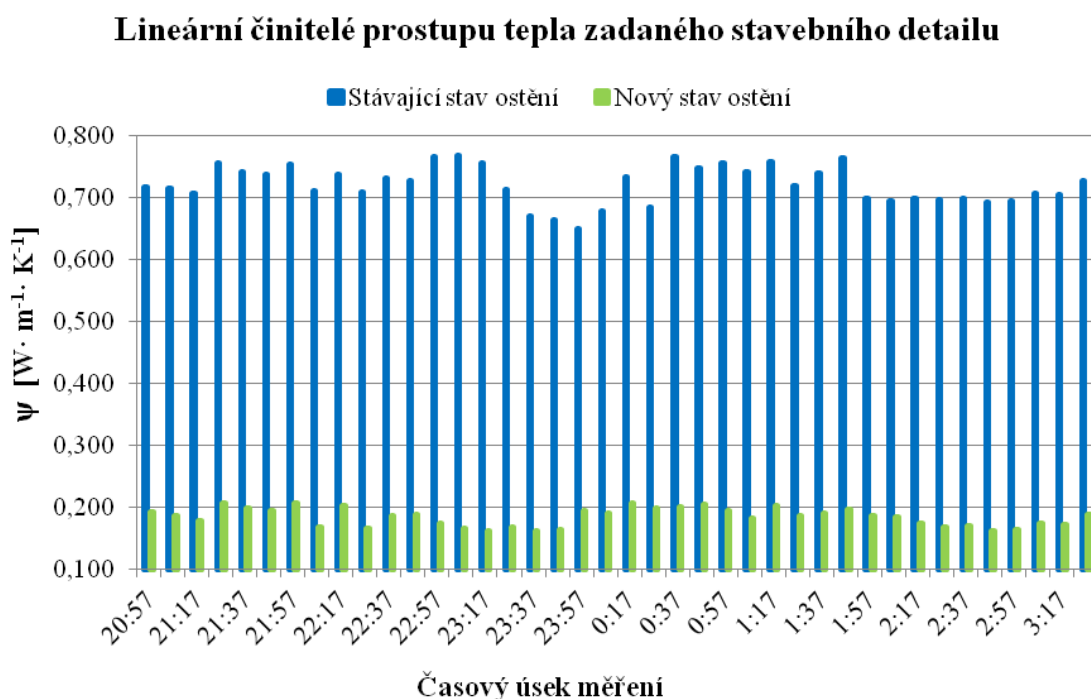
Rozložení teplot na začátku a na konci měření znázorňuje obr. 26.



Obr. 26 – Teplotní pole nezatepleného ostění – na začátku a na konci měření

Poslední fáze tohoto experimentálního měření se zabývá vyčíslením hodnot lineárních činitelů prostupu tepla tohoto nezatepleného ostění zdvojeného okna. Za účelem porovnání těchto vypočtených hodnot, byl vytvořen tvarově stejný model tohoto ostění, ale zdvojené okno bylo nahrazeno oknem s izolačním trojsklem *Slavona Progression* ( $U_w = 0,74 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ) a ostění okna tvoří dodatečně vložená tepelná izolace z expandovaného šedého polystyrenu tloušťky  $30 \text{ mm}$  ( $\lambda = 0,032 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ). Výsledné rozdíly v hodnotách lineárních činitelů prostupu tepla obou takto zrealizovaných stavebních detailů zobrazuje *graf 7*.

Z grafu níže je očividné, že zrealizováním nového stavu ostění se sníží hodnoty lineárních činitelů prostupu tepla zadaného detailu přibližně o **4 násobek** oproti stávajícímu provedení ostění. Ovšem i po realizaci nového stavu ostění, vypočtené hodnoty lineárních činitelů prostupu tepla nesplňují hodnoty dle platné normy, jelikož pro tento detail (styk obvodové stěny s výplní otvoru) příslušná norma udává požadovanou hodnotu lineárního činitele prostupu tepla  $\psi = 0,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ). Tato skutečnost je zapříčiněna stávajícím kamenným zdivem o vysokém součiniteli prostupu tepla, což má za následek zvýšení celkové tepelné propustnosti celého detailu.



*Graf 7 – Lineární činitelé prostupu tepla – stávající a nový stav provedení ostění*

## 7. Dynamické modelování rodinného domu

Dynamické modelování bylo provedeno na totožném rodinném domě, který byl předmětem hodnocení ve výpočtové části této diplomové práce. Pro účely dynamického modelování byl využit počítačový program *Trnsys* (*Transient System Simulation Tool*). Tento výpočetní nástroj je složen ze dvou počítačových aplikací – *TRNBuild* a *Simulation Studio*. První zmíněná aplikace posloužila k vytvoření stavebního modelu zadaného rodinného domu a druhá jmenovaná aplikace byla použita k provedení samotné dynamické simulace.

### 7.1 Stavební model objektu v aplikaci TRNBuild

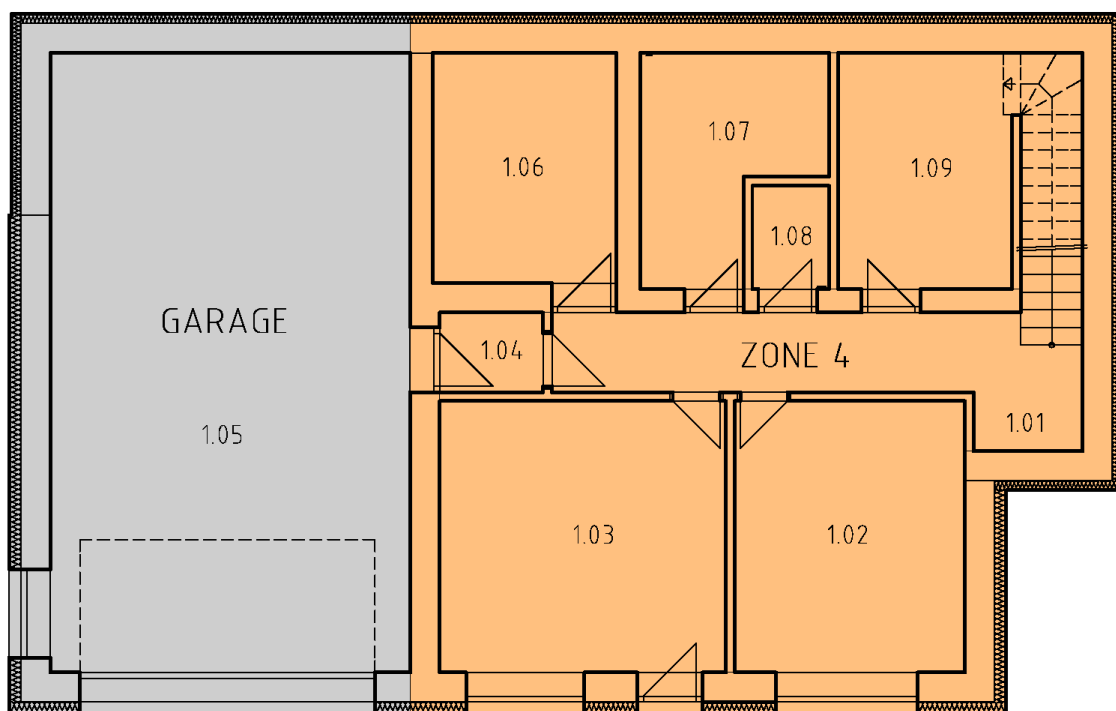
Jak již bylo zmíněno, k vytvoření modelu RD byla použita aplikace *TRNBuild*, pomocí níž se vytvořily stavební konstrukce objektu a jednotlivé zóny. Stavební konstrukce mají stejné technické parametry, jakožto tomu je v *kap. 3.2* a jednotlivé zóny byly vytvořeny na základě denní obsazenosti jednotlivých místností objektu. Všechny vytvořené zóny představuje *tab. 44*.

Název zóny	Místnosti zóny	Obsazenost zón v průběhu dne [osob]				
		0:00–7:00	7:00–8:00	8:00–16:00	16:00–20:00	20:00–0:00
Zone 1	2.10 – 2.12	2	1	0	1	2
Zone 2	2.08 – 2.09	2	1	0	0	2
Zone 3	2.13 – 2.16	2	1	0	1	2
Zone 4	ostatní	0	2	1	3	2
Garage	1.05	-	-	-	-	-

*Tab. 44 – Obsazenost zón objektu v průběhu dne*

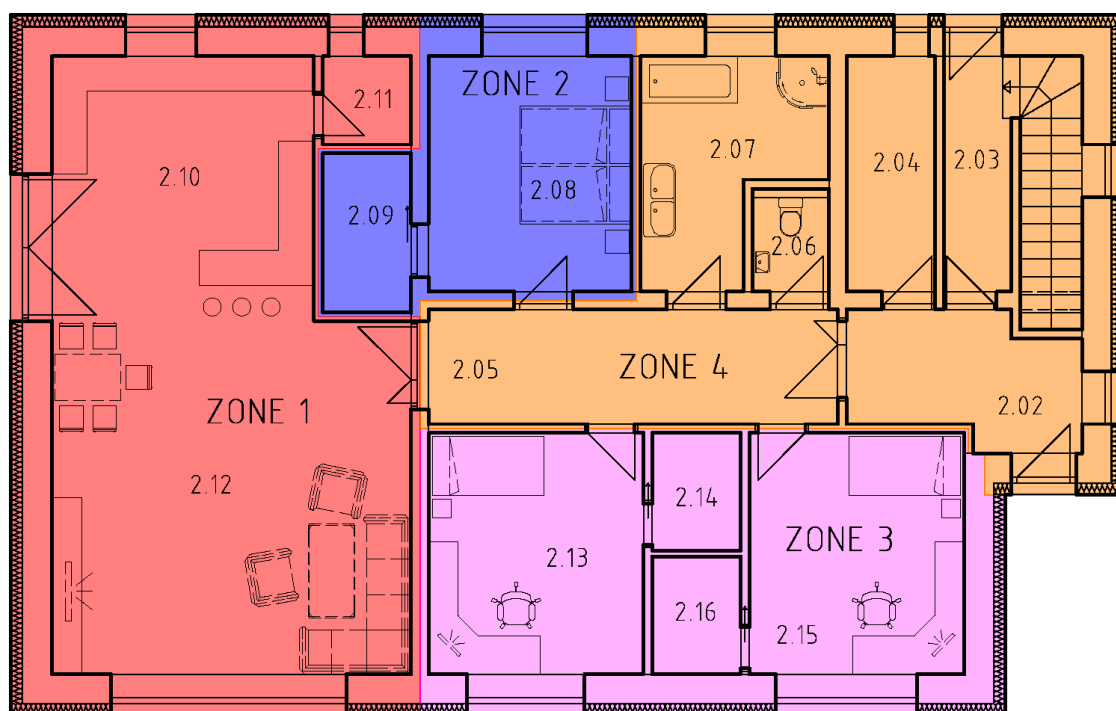
Z tabulky výše je tedy patrné, že objekt rodinného domu byl rozdělen do 5 zón dle denní obsazenosti. Pro snadnější orientaci, které místnosti náleží do dané zóny, jsou jednotlivé zóny barevně odlišeny na půdorysech rodinného domu – *obr. 27* a *obr. 28*.

## PŮDORYS 1.NP



*Obr. 27 – Zóny objektu pro účely dynamického modelování – půdorys 1. NP*

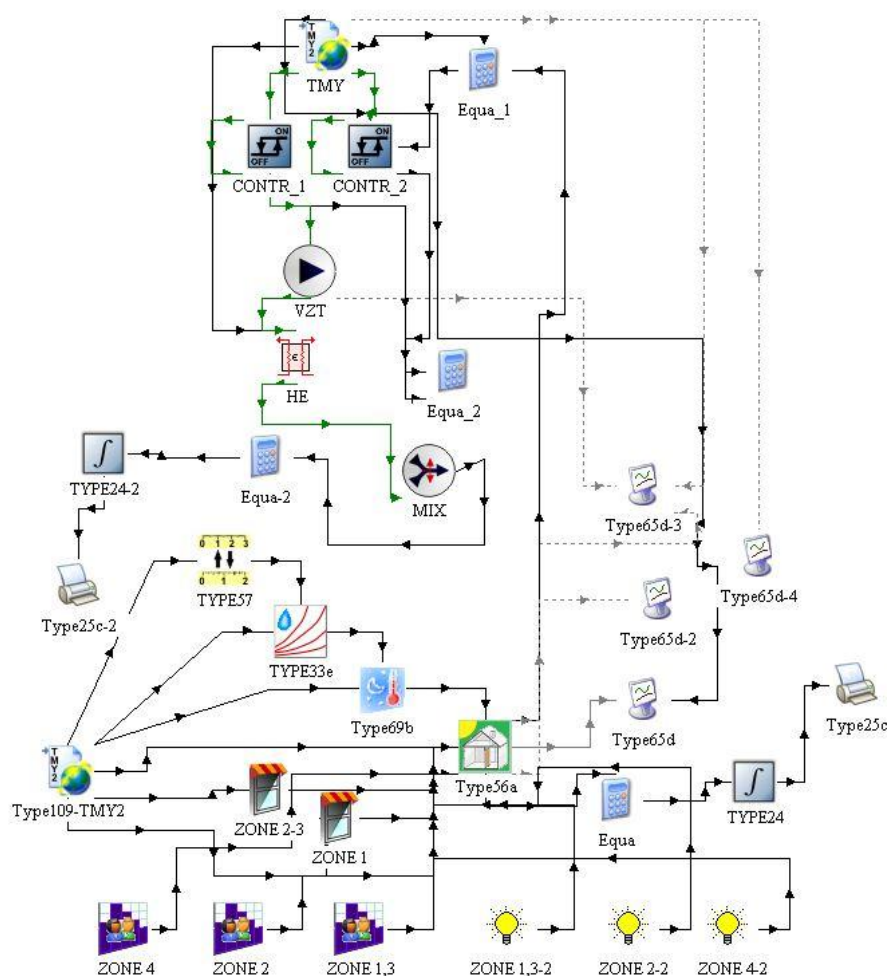
## PŮDORYS 2.NP



*Obr. 28 – Zóny objektu pro účely dynamického modelování – půdorys 2. NP*

## 7.2 Technický model objektu v aplikaci Simulation Studio

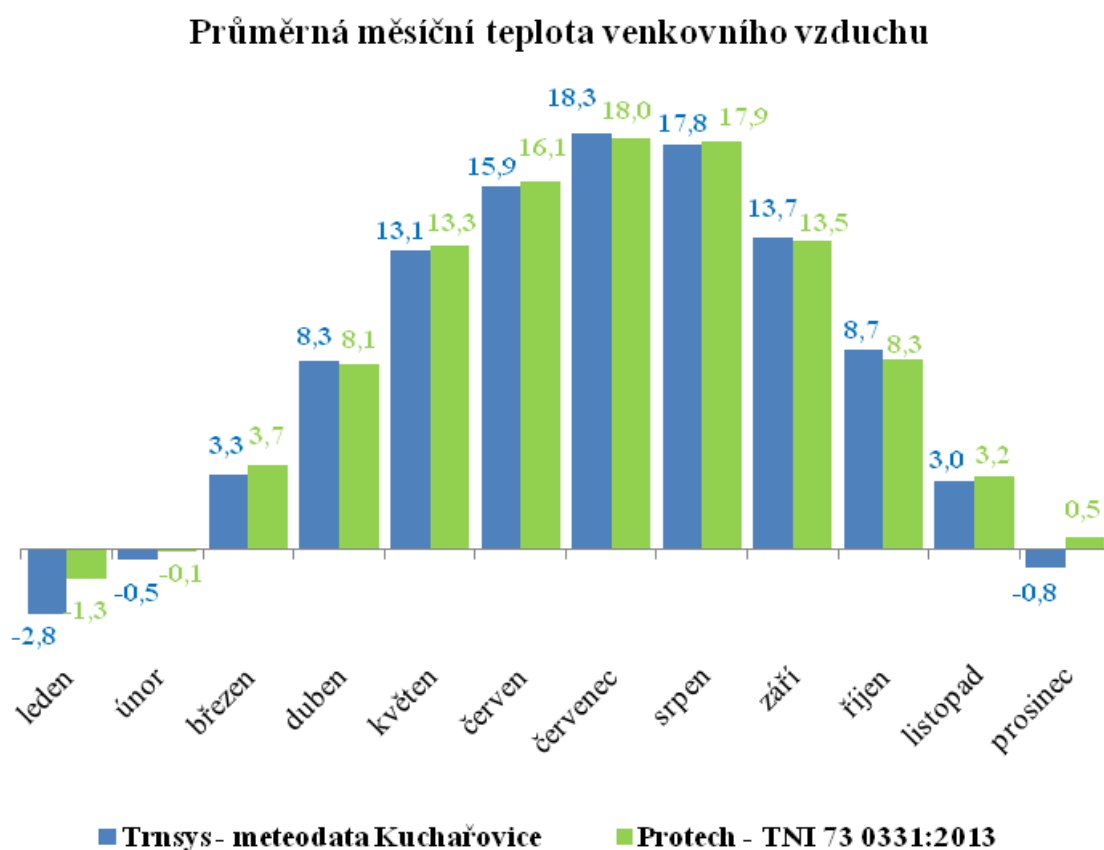
Technické systémy budovy byly namodelovány s použitím aplikace *Simulation Studio*. Veškeré prvky použité v této simulaci jsou zobrazeny na *obr. 29*.



Obr. 29 – Schéma propojení jednotlivých prvků v pracovním prostředí Simulation Studio

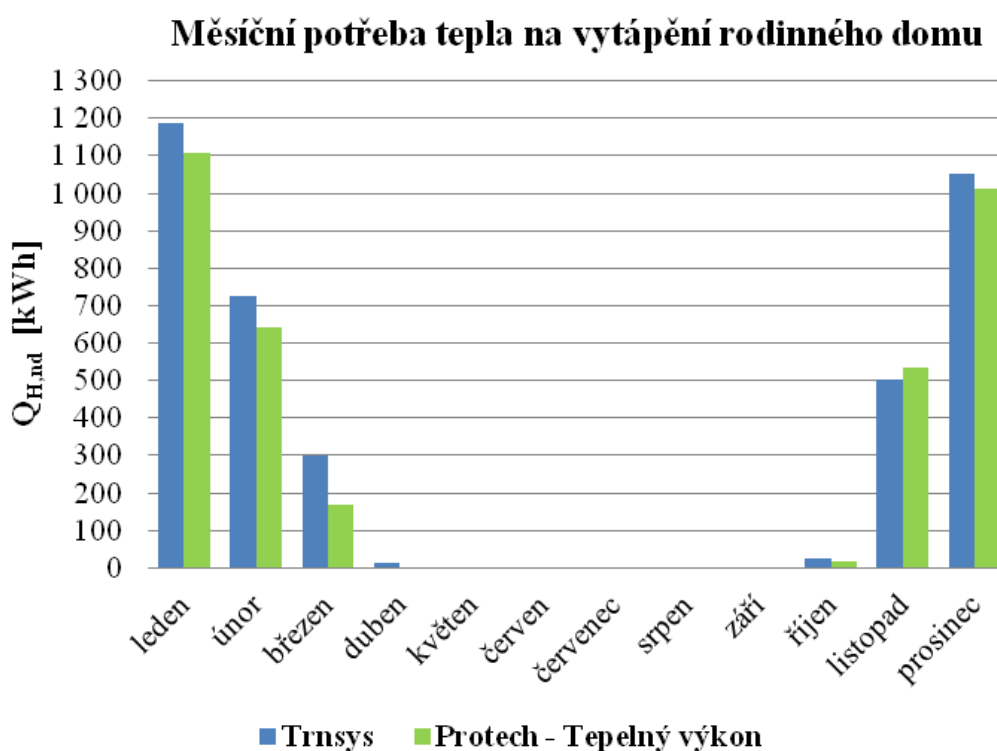
Snahou dynamického modelování zadaného rodinného domu bylo porovnání získané potřeby tepla na vytápění počítačovým programem *Trnsys* a porovnání s potřebou tepla na vytápění vyčíslenou v Průkazu energetické náročnosti budovy, který je součástí této diplomové práce. Referenční hodnota pro účely porovnání potřeb tepla na vytápění je  $E_A = 9,87 \text{ kWh} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$  (hodnota převzata z Průkazu energetické náročnosti budovy zadaného RD, který je obsažen v *kap. 3.2*).

Před samotným vyhodnocením těchto vypočtených potřeb tepla na vytápění, bych rád zmínil okrajové podmínky, se kterými tyto dva různé programy prováděly své kalkulace. Počítačový program *Tepelný výkon* používá, ve svých výpočtech návrhové teploty venkovního vzduchu, obsažené v normě TNI 73 0331:2013 *Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet* [37]. Jedná se tedy o konkrétní hodnoty teplot pro každý měsíc v roce (průměrná hodnota teploty venkovního vzduchu reprezentující daný měsíc). Naopak v dynamickém modelování počítačovým programem *Trnsys* byly použity hodinové teploty venkovního vzduchu, které byly měřeny v průběhu celého roku (bohužel nebylo zjištěno, o který rok se jedná). Tyto hodinové teploty venkovního vzduchu byly naměřeny meteorologickou stanicí v obci *Kuchařovice*, která svou zeměpisnou polohou nejvíce odpovídá oblasti, v níž bude skutečný objekt rodinného domu vystavěn. Rozdíly v hodnotách teplot venkovního vzduchu, jež byly použity oběma počítačovými programy zobrazuje graf 8.



Graf 8 – Průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu – Trnsys × Protech

Z hodnot teplot venkovního vzduchu uvedených v grafu výše, lze očekávat rozdílné hodnoty potřeby tepla na vytápění rodinného domu. Dalším vlivným činitelem, jenž ovlivňuje výslednou potřebu tepla na vytápění je přírážka na tepelné vazby  $\Delta U_{em}$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ], kterou v počítačovém programu *Trnsys* nelze zahrnout. V Průkazu energetické náročnosti budovy byla tato přírážka na tepelné vazby vyčíslena hodnotou  $\Delta U_{em} = -0,00161 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  (kap. 5.1), což mělo za následek snížení potřeby tepla na vytápění. Vypočtené měsíční hodnoty potřeby tepla na vytápění RD jednotlivými počítačovými programy ilustruje graf 9.



Graf 9 – Měsíční potřeba tepla na vytápění RD – *Trnsys* × *Protech*

Celková roční potřeba tepla na vytápění  $Q_{H,nd}$  [ $\text{kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$ ] skrze jednotlivé zóny objektu rodinného domu a přepočtená měrná potřeba tepla na vytápění  $E_A$  [ $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ] je uvedena v tab. 45.

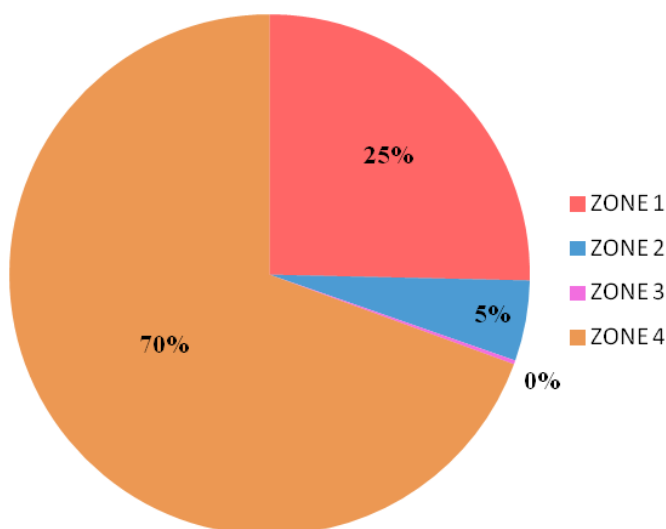


Měrná potřeba tepla na vytápění rodinného domu						
č. zóny	Potřeba tepla $Q_{H,nd}$ [kWh·rok <sup>-1</sup> ]		Energ. vztažná plocha $A_E$ [m <sup>2</sup> ]		Měrná potřeba tepla $E_A$ [kWh·m <sup>-2</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	
	Protech	Trnsys	Protech	Trnsys	Protech	Trnsys
ZONE 1	3 484,0	965,6	353,1	77,8	9,87	12,41
ZONE 2		190,2		22,8		8,34
ZONE 3		9,23		48,0		0,19
ZONE 4		2643,0		204,5		12,92
<b>Celkem</b>	<b>3 484,0</b>	<b>3 808,0</b>	<b>353,1</b>	<b>353,1</b>	<b>9,87</b>	<b>10,78</b>

Tab. 45 – Roční a měrná potřeba tepla na vytápění jednotlivých zón objektu

Procentuální přerozdělení potřeby tepla na vytápění mezi jednotlivými zónami vyjadřuje graf 10.

**Roční potřeba tepla na vytápění jednotlivých zón**

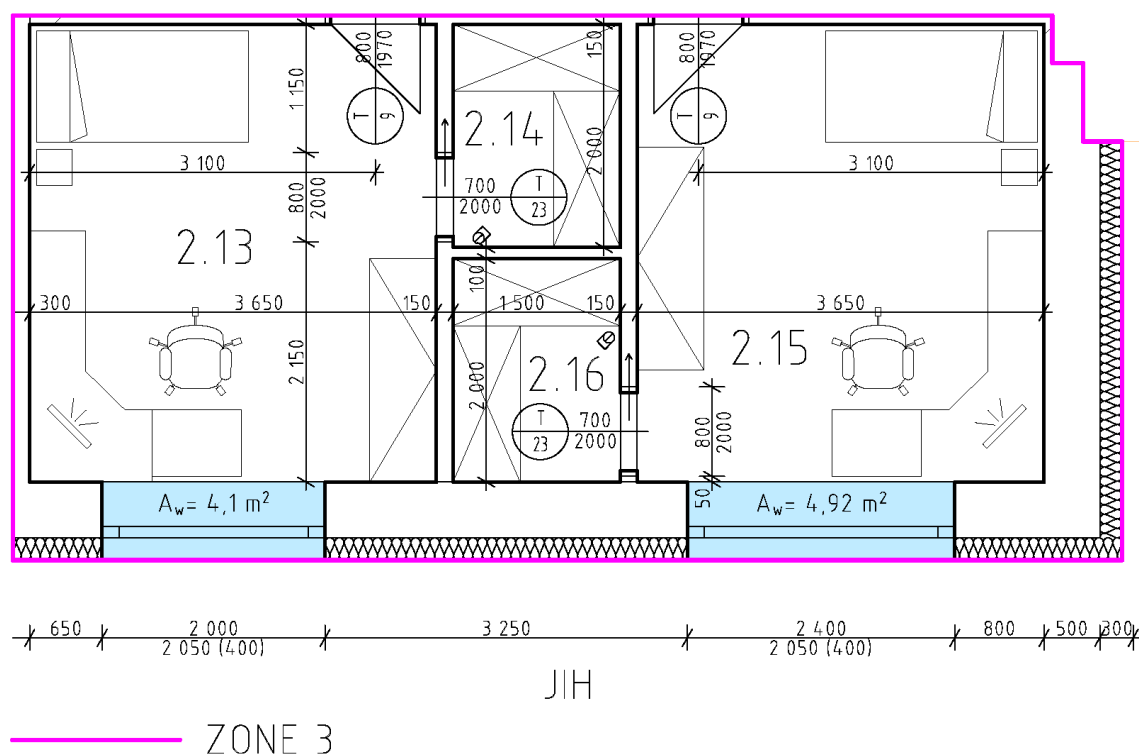


Graf 10 – Procentuální vyjádření potřeby tepla mezi jednotlivými zónami

Z tab. 10 tedy vyplývá závěr, že měrná potřeba tepla na vytápění zadaného RD, vypočtená pomocí počítačového programu *Trnsys* je o **0,91 kWh·m<sup>-2</sup>·rok<sup>-1</sup>** vyšší, než vypočtená měrná potřeba tepla na vytápění, vyčíslená počítačovým programem *Tepelný výkon*.

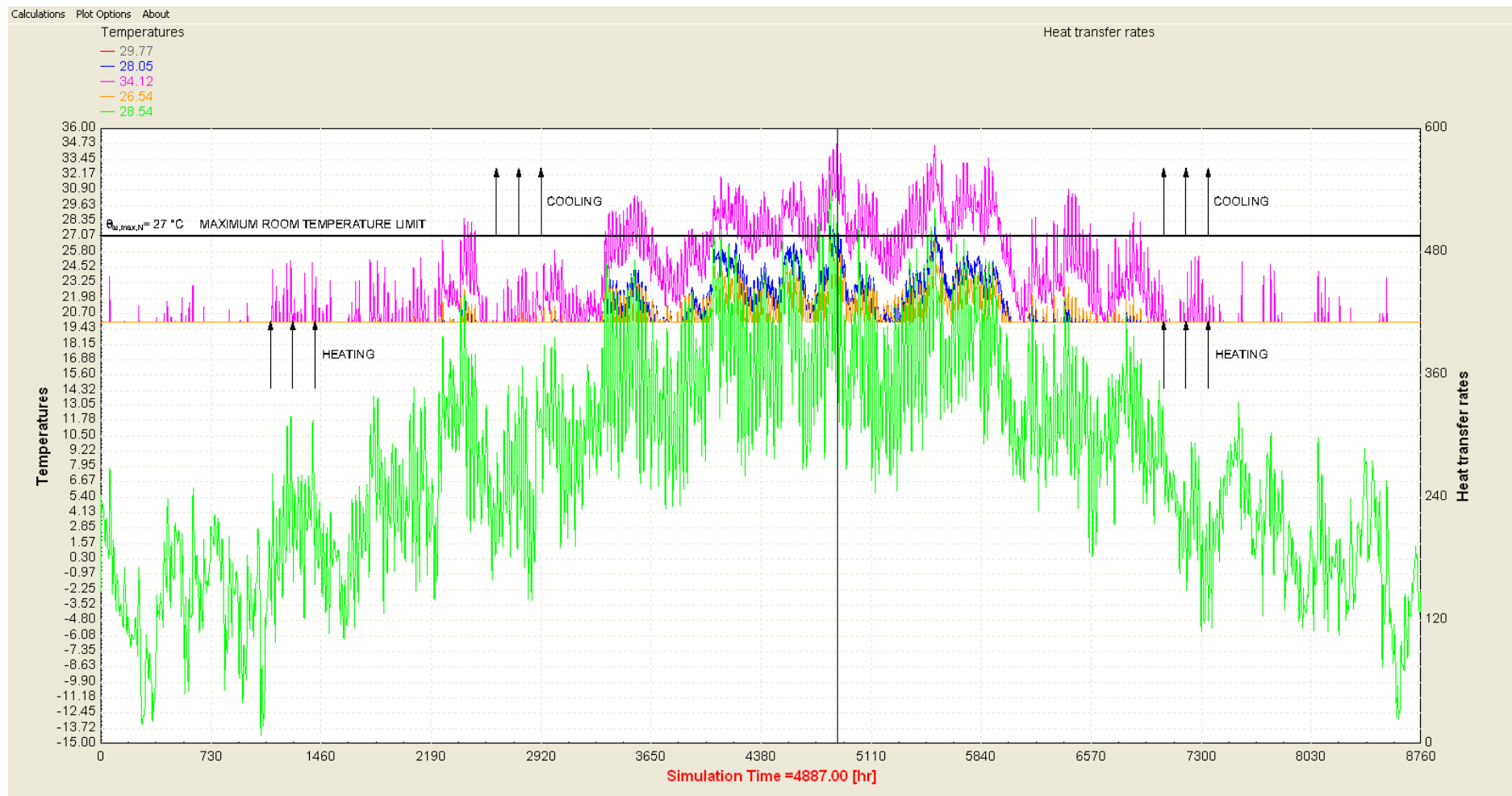
## 7.3 Posouzení zóny na teplotu vnitřního vzduchu v letním období

Tato kapitola se zabývá letní stabilitou vybrané zóny z hlediska maximální přípustné teploty vzduchu. Maximální přípustná letní teplota vzduchu v místnosti je definovaná normou ČSN 73 0540-2, a to hodnotou pro nevýrobní prostory  $\theta_{ai,max,N} = 27,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Po provedení dynamické simulace v počítačovém programu *Trnsys*, vzešla jako kritická zóna z pohledu maximální letní teploty vzduchu **zóna 3**, jelikož místnosti tvořící tuto zónu jsou orientovány na jih a jsou opatřeny poměrně velkými okenními výplněmi otvorů (pokoj 2.13 má plochu okna  $A_{w,1} = 4,1\text{ m}^2$  a pokoj 2.15 je osazen oknem o celkové ploše  $A_{w,2} = 4,92\text{ m}^2$ ). Zónu 3 představují dva dětské pokoje se šatnami o celkové vnitřní podlahové ploše  $A_{gr} = 35,9\text{ m}^2$  a celkové půdorysné rozložení těchto místností v zóně je zobrazeno na *obr. 30*.



Obr. 30 – Půdorysné rozložení zóny 3

Teploty vzduchu v místnostech zóny 3, během roku (8 760 hodin) reprezentuje *graf 11*, jenž je výstupem z dynamické simulace počítačového programu *Trnsys* (*Simulation Studio*).



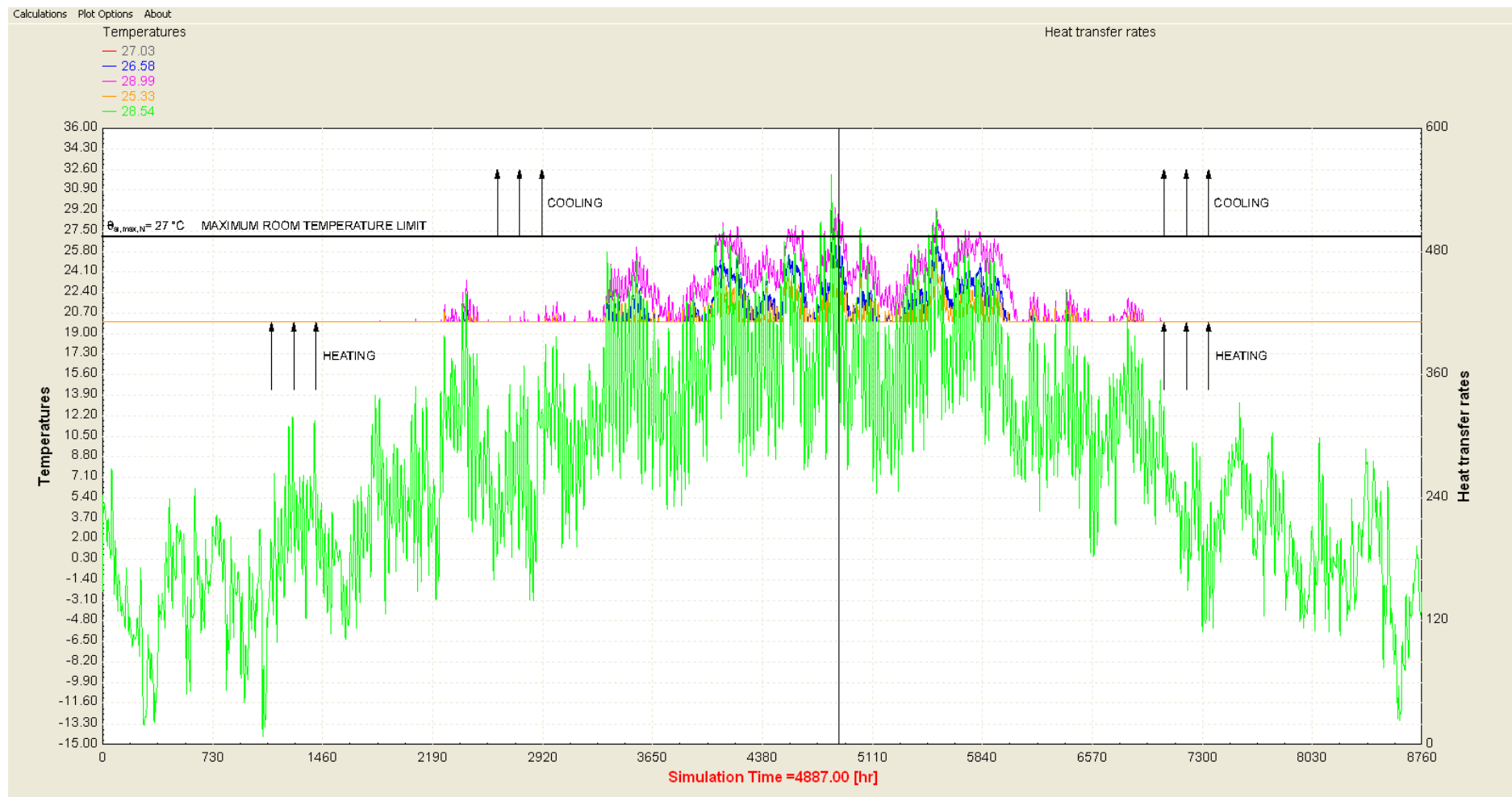
Graf 11 – Teploty vnitřního vzduchu zóny 3 – bez stínících venkovních žaluzií

Z *grafu 11* je patrný fakt, že v době **4 887 hodin** od začátku simulace, nastane maximální teplota vzduchu interiéru zóny 3 v závislosti na venkovní teplotě vzduchu. Vypočtená teplota vnitřního vzduchu je  $\theta_{ai,max} = 34,12$  °C, což znamená, že nejvýše povolená teplota vnitřního vzduchu byla překročena přibližně o 7 °C. Nutno však podotknout, že v této simulaci byly zanedbány venkovní stínící prvky, které velmi výrazně ovlivňují vnitřní teplotu vzduchu v místnosti během letního období.

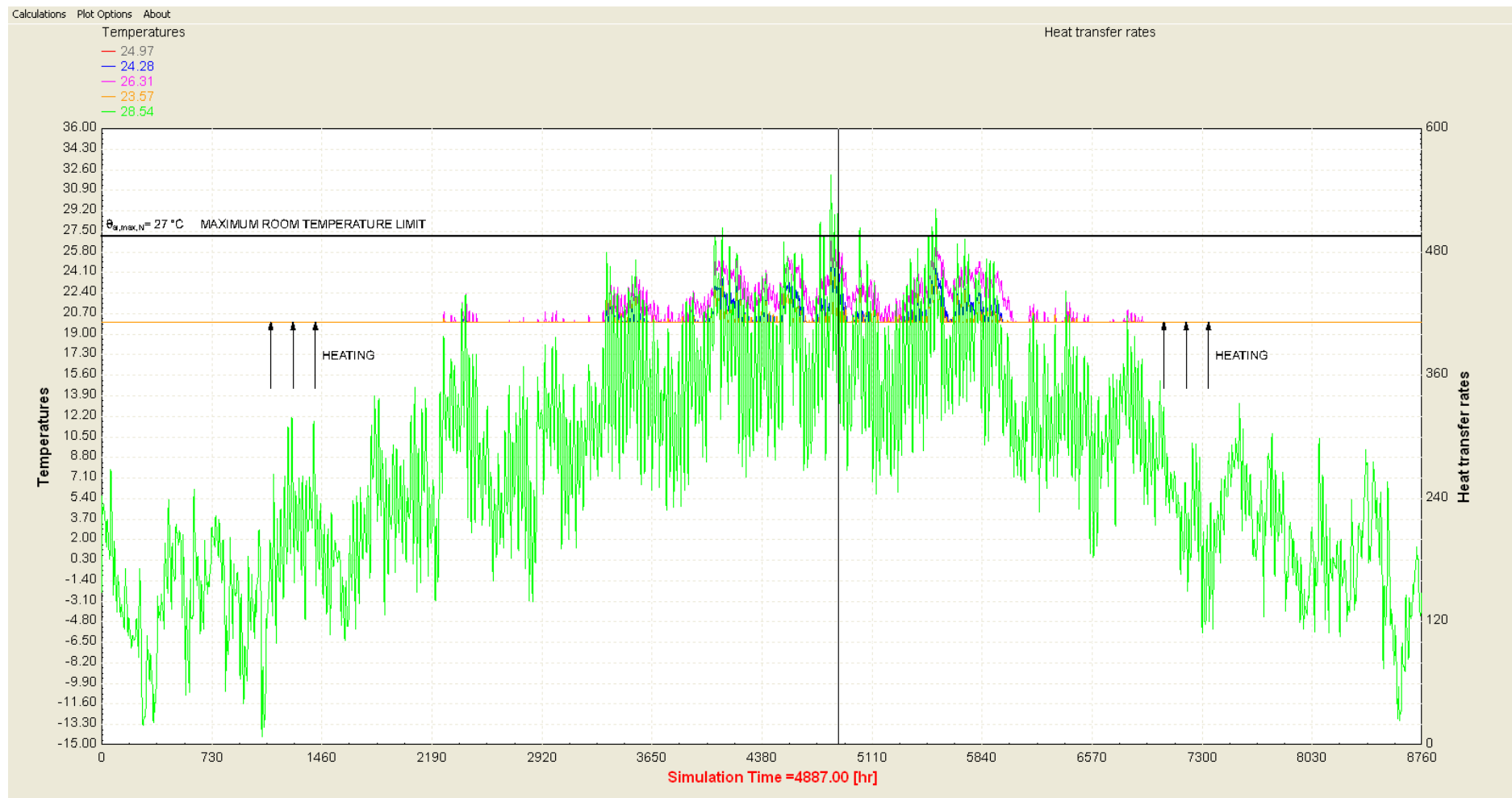
Z tohoto důvodu byla provedena další simulace, ve které se již uvažovalo s venkovními stínícími žaluziemi (zadány pomocí hodnot součinitele ***external shading factor*** v počítačovém programu ***TRNBuild***). Konečný průběh ročních teplot vnitřního vzduchu s použitím venkovních žaluzií ilustruje *graf 12*. Výsledky této simulace ukazují, že i s použitím venkovních žaluzií, nepoklesne teplota vzduchu v interiéru pod požadovanou hodnotu teploty  $\theta_{ai,max,N} = 27,0$  °C. Naměřená teplota vnitřního vzduchu zóny 3 ve stejné hodině, jakož tomu bylo v případě první simulace je  $\theta_{ai,max} = 28,99$  °C. Nedosažení požadované hodnoty teploty vnitřního vzduchu může pravděpodobně ta skutečnost, že okna uložena na jižní straně objektu mají příliš velkou plochu zasklení ( $A_{w,1} = 4,1$  m<sup>2</sup> a  $A_{w,2} = 4,92$  m<sup>2</sup>).

Kvůli tomuto byla provedena poslední dynamická simulace, v níž byly zmenšeny okenní výplně otvorů, a to právě na jižní straně objektu zóny 3. Do obou místností na jižní straně zóny byly nově navrženy okenní výplně stejné velikosti o celkové ploše jednoho okna  $A_w = 2,25$  m<sup>2</sup>. Výsledný průběh ročních teplot vnitřního vzduchu v takto upravených místnostech zóny 3 reprezentuje *graf 13*. Teplota vnitřního vzduchu po redukci okenních výplní, se v kritické době 4 887 hodin od začátku simulace, snížila na uspokojivou teplotu  $\theta_{ai,max} = 26,31$  °C ( $\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N}$ ).

Aby byla splněna podmínka maximální přípustné teploty vnitřního vzduchu v letním období (platná pro obytné místnosti), stanovena hodnotou  $\theta_{ai,max,N} = 27$  °C, musely být na jižní straně dané zóny navrhnuty venkovní žaluzie a také muselo dojít ke zmenšení okenních otvorů usazených v jižní stěně objektu.



Graf 12 – Teploty vnitřního vzduchu zóny 3 – se stínícími venkovními žaluziemi



Graf 13 – Teploty vnitřního vzduchu zóny 3 – se stínícími venkovními žaluziemi a zmenšenými okenními výplněmi otvorů

## 8. Závěr

V teoretické části této diplomové práce je probrána celková problematika tepelných mostů a tepelných vazeb vyskytujících se ve stavebních konstrukcích. Podstatou těchto kapitol je aplikovatelnost teoretických základů vedení tepla v počítačovém modelování skutečných stavebních detailů. Poslední pasáž teoretické části se věnuje tepelným vazbám stavebních konstrukcí. Významnost tepelných vazeb je zcela patrná, jelikož požadavky na výstavbu nízkoenergetických domů, jsou v dnešní době velmi striktní, a to zejména u těch objektů, které čerpají finance z dotačních titulů. Lze tedy očekávat, že výpočet lineárních činitelů prostupu tepla jednotlivých stavebních detailů, se stane v budoucnu běžnou součástí energetického hodnocení budov.

V první fázi výpočtové části je zpracován Průkaz energetické náročnosti budovy tak, aby byly splněny všechny nároky na novostavbu rodinného domu s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění. Poslední úsek výpočtové části se zabývá aplikací metod používaných v energetickém auditu. Výstupem tohoto úseku je skutečnost, že se klientovi investice do skutečného provedení jeho stavby nevrátí ani po uplynutí 20 let. Ovšem vezmeme-li v potaz, že klient využije dotace z programu *Nová zelená úsporám* pro oblast B.2 (dotace činí 450 000 Kč), dojde k návratnosti investic již po 13 letech.

Poslední část této diplomové práce je zaměřena na aplikaci výpočetní techniky s využitím pro stavební praxi. V prvním úseku jsou vyhodnoceny všechny stavební detaily zadaného rodinného domu, jenž byl předmětem hodnocení ve výpočtové části, a to z pohledu zjištění konečné přírážky na tepelné vazby  $\Delta U_{em}$  [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]. Po namodelování všech stavebních detailů zadaného rodinného domu, byla nalezena celková přírážka na tepelné vazby, která činí  $\Delta U_{em, \text{ vyp}} = -0,00161 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Tato hodnota je menší, než normou stanovená paušální přírážka na tepelné vazby  $\Delta U_{em, \text{ nor}} = 0,02 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , a z tohoto důvodu byla v Průkazu energetické náročnosti budovy uvažována právě hodnota vypočtená.

Druhý úsek, poslední části této diplomové práce, se zabýval experimentálním měřením stavebních detailů, objevujících se u rekonstruovaného objektu rodinného domu. Výstupy těchto experimentálních měření, které proběhly na daných stavebních detailech, jsou zjištěné hodnoty součinitelů prostupu tepla, lineárních činitelů prostupu tepla či naměření vnitřních povrchových teplot daných stavebních detailů. Posléze byly jednotlivé stavební detaily namodelovány v počítačovém programu *CalA* (*Calculation Area*) a naměřené hodnoty byly porovnány s hodnotami vypočtenými z řízeného nestacionárního výpočtu. Po provedení těchto porovnání jsem došel k závěru, že použitím počítačového programu *CalA*, lze programové výsledky považovat za velmi uspokojivé vůči výsledkům naměřených v experimentu. Závěrem této kapitoly je tedy skutečnost, že počítačové modelování stavebních detailů, lze použít pro zjištění chování stavebních konstrukcí v čase, aniž bychom museli provést experimentální měření.

Ve třetí části, která byla zaměřena na aplikaci výpočetní techniky, bylo uskutečněno dynamické modelování rodinného domu, jenž byl řešen ve výpočtové části této diplomové práce. Dynamická simulace rodinného domu byla zhotovena pomocí programu *Trnsys* (*Transient System Simulation Tool*). Snahou bylo porovnání dosažených měrných potřeb tepla na vytápění, získaných pomocí počítačových programů *Tepelný výkon* a *Trnsys*. Pomocí počítačového programu *Trnsys*, byla výsledná měrná potřeba tepla na vytápění rovna hodnotě  $E_A = 10,78 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ , což je o  $0,91 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$  více, než je hodnota získaná díky počítačovému programu *Tepelný výkon*. V této kapitole taktéž byla vyhodnocena stabilita místností během letního období, a to z hlediska maximální povolené letní teploty v obytných místnostech určité zóny. Toto hodnocení proběhlo pro 3 samostatné dynamické simulace. První simulace byla zrealizována bez použití venkovních stínících žaluzií, druhá se stínícími venkovními žaluziemi a poslední simulace byla uskutečněna rovněž s venkovními stínícími prvky, ale také bylo zapotřebí snížení ploch zasklení na jižní straně objektu, aby byla splněna podmínka maximální přípustné teploty v místnosti během letního období.



## Seznam použitých zdrojů

- [1] ŠUBRT, Roman, Pavlína ZVÁNOVCOVÁ a Martin ŠKOPEK. *Katalog tepelných mostů*. České Budějovice: Energy Consulting, 2008. ISBN 978-80-254-2715-6.
- [2] ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov*. Část 1: Terminologie. Praha: ČNI, 2005.
- [3] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov*. Část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: ČNI, 2005.
- [4] ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov*. Část 4: Výpočtové metody. Praha: ČNI, 2005.
- [5] ČSN EN ISO 10 211. *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Tepelné toky a povrchové teploty – Podrobné výpočty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [6] ČSN EN ISO 14 683. *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla – Zjednodušené metody a orientační hodnoty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [7] ŠUBRT, Roman. *Tepelné mosty: pro nízkoenergetické a pasivní domy: 85 prověřených a spočítaných stavebních detailů*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 9788024740591.
- [8] "Definice" tepelného mostu [online]. České Budějovice: Energy consulting, 2014 [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://www.e-c.cz/index.php?page=tmesty>
- [9] Termosnímkování [online]. Nové Strašecí: ČESTAV, 2012 [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.termokamera.net/sluzby/vnitri/#!>
- [10] MĚŘENÍ TERMOKAMEROU – TERMOVIZE: Termovizní měření budov a obvodových plášťů [online]. Domašov: LP staving, 2011 [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.lpstaving.cz/cs/mereni-termokamerou-termovize>
- [11] Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích [online]. České Budějovice: Ing. Roman Šubrt, 2012 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/2526-tepelne-mosty-ve-stavebnich-konstrukcich>
- [12] PROC PLÍSNĚ ŠKODÍ? [online]. Brno: Stachema, 2017 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://www.stachema.cz/zajimavosti/proc-plisne-skodi:a3.htm>

[13] *JAK JE TO S pojmem – DÝCHÁNÍ STAVEB a dýchání polystyrenu* [online]. Olomouc: Zofí fasády, 2011 [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: <https://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/jak-je-to-s-pojmem-dychani-staveb-a-dychani-polystyrenu/>

[14] *Termovizní služby* [online]. Sušice: EGF Energy, 2017 [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: <http://www.egfenergy.cz/termovize.html>

[15] Ondřej Šíkula, Josef Plášek. *Software CalA pro numerické 2D simulace fyzikálních jevů* [software]. Květen 2017. [přístup 4. 5. 2017]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/sikula.o/cala\\_uvod.html](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/sikula.o/cala_uvod.html).

Požadavky na systém: operační systém Windows 10, Windows 8, Windows 7, Windows XP, Windows Vista, Linux; podporované verze 32bit a 64bit Windows; procesor minimálně Pentium III; operační paměť (RAM) 250 MB; potřebné místo pro instalaci na disk: 300 MB.

[16] *Aplikovaná fyzika (S): Vedení tepla ve stavebních konstrukcích*. Brno, 2008. Studijní opora. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. Vedoucí práce prof. RNDr. Tomáš Ficker, vDrSc.

[17] STRNAD, Bc. Jan. Návrh vyhřívaného atypického stolu pro 3D tiskárnu. Brno, 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

[18] MACHÁČKOVÁ, Ph.D., doc. Adéla a doc. Ing. Radim KOCICH, Ph.D. *Sdílení tepla a proudění*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2576-2.

[19] DRÁBEK, Pavel a Gabriela HOLUBOVÁ. *Parciální diferenciální rovnice* [online]. Plzeň, 2011 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/parcialni\\_diferencialni\\_rovnice.pdf](http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/parcialni_diferencialni_rovnice.pdf)

[20] PAVELEK, CSc., prof. Ing. Milan. *Termomechanika: Přenos tepla vedením* [online]. Brno, 2015 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://ottp.fme.vutbr.cz/~pavelek/termo/16\\_Vedeni.pdf](http://ottp.fme.vutbr.cz/~pavelek/termo/16_Vedeni.pdf). Studijní opora. Fakulta strojního inženýrství v Brně, Energetický ústav, Odbor termomechaniky a techniky prostředí.

[21] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. *Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001. ISBN 80-020-1466-9.

- [22] ČSN 73 0540-2: Z1. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky: Změna: Z1*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [23] VAVERKA, Jiří. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Brno: VUTIUM, 2006. ISBN 8021429100.
- [24] *Přirážka na lineární tepelné vazby II: Přirážka na lineární tepelné vazby* [online]. České Budějovice: VŠTE České Budějovice, 2014 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/11330-prirazka-na-linearni-tepelne-vazby-ii>
- [25] *Lineární činitel prostupu tepla* [online]. FSv ČVUT: Zbyněk Svoboda, 2015 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z: [http://kps.fsv.cvut.cz/file\\_download.php?fid=5656](http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=5656)
- [26] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [27] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška o energetickém hodnocení budov*. In: 36. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2013, ročník 2013, 36/2013, 78/2013 Sb. Dostupné také z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-78-2013-sb-o-energeticke-narocnosti-budov>
- [28] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku*. In: 182. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2012, ročník 2012, 182/2012, 480/2012 Sb. Dostupné také z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-480-2012-sb-o-energetickem-auditu-a-energetickem-posudku>
- [29] PROTECH spol. s r.o. *Tepelný výkon* [software]. Listopad 2017. [přístup 28. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.protech.cz/stahnout/aktualni-verze-programu-a-katalogu>. Požadavky na systém: operační systém Microsoft Windows 10, 8.1, Windows 7, Windows Vista, Windows XP; podporované verze 32bit a 64 bit Windows; procesor 1 GHz nebo rychlejší; operační paměť (RAM) 512 Mb; potřebné místo pro instalaci na disk: 300 Mb.
- [30] ŠIKULA, Ondřej. *Manuál k softwaru CalA*. Brno: Tribun EU, 2009. ISBN 978-807-3998-790.

- [31] K – CAD, spol. s.r.o. Area 2017 [software]. Listopad 2017. [přístup 29. 11. 2017].  
Dostupné z: <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/area/>  
Požadavky na systém: operační systém Microsoft Windows 95/98/NT a vyšší v české verzi, CD mechanika; operační paměť (RAM) 128 Mb; potřebné místo pro instalaci na disk: 20 Mb; minimální rozlišení monitoru 1 024 × 768 bodů.
- [32] K – CAD, spol. s.r.o. Cube 3D [software]. Listopad 2017. [přístup 29. 11. 2017].  
Dostupné z: <http://kcad.cz/cz/ke-stazeni/cube-3d/>  
Požadavky na systém: operační systém Microsoft Windows 95/98/NT a vyšší v české verzi, CD mechanika; operační paměť (RAM) min. 1 Gb; potřebné místo pro instalaci na disk: 15 Mb pro instalaci a až 1 Gb pro provoz; minimální rozlišení monitoru 1 024 × 768 bodů.
- [33] TNI 73 0329. *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [34] ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [35] *Přehled sazeb: Domácnosti* [online]. Brno: E.ON Distribuce, 2016 [cit. 2017-12-05]. Dostupné z: <https://www.eon-distribuce.cz/zakaznici/ceniky/prehled-sazeb/domacnosti>
- [36] *Měření součinitele prostupu tepla stávajících stavebních konstrukcí* [online]. Praha: Martin Dragoun, 2011 [cit. 2017-12-09]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/8125-mereni-soucinitele-prostupu-tepla-stavajicich-stavebnich-konstrukci>
- [37] TNI 73 0331. *Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.

## Seznam použitých symbolů

Symbol	Veličina	Jednotka
$\alpha$	součinitel přestupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
A	plocha	$[\text{m}^2]$
b	činitel teplotní redukce	$[-]$
c	tepelná kapacita	$[\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
COP	topný faktor (coefficient of performance)	$[\text{W}/\text{W}]$
d	délka	$[\text{m}]$
$\Delta$	rozdíl hodnot	$[-]$
$E_A$	měrná roční potřeba tepla na vytápění	$[\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}]$
$\eta$	účinnost	$[\%]$
$H_T$	měrná tepelná ztráta prostupem	$[\text{W}/\text{m}^2]$
$\chi$	bodový činitel prostupu tepla	$[\text{W}/\text{K}]$
l	délka	$[\text{m}]$
$L^{2D}$	lineární tepelná propustnost	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
$L^{3D}$	prostorová tepelná propustnost	$[\text{W}/\text{K}]$
$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
O	objem	$[\text{m}^3]$
P	příkon	$[\text{W}]$
$P_{L,IX}$	měrný příkon osvětlení	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}]$
$\psi$	lineární činitel prostupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
Q	výkon	$[\text{W}]$
q	hustota tepelného toku	$[\text{W}/\text{m}^2]$
$\dot{q}$	vnitřní zdroj tepla	$[\text{W}/\text{m}^3]$
R	tepelný odpor	$[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$
r	diskont	$[\%]$

$\rho$	objemová hmotnost	$[\text{kg}/\text{m}^3]$
$\text{SFP}_{\text{AHU}}$	měrný příkon	$[\text{W} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}]$
$s$	stínící součinitel	$[-]$
$\Sigma$	suma hodnot	$[-]$
$t$	teplota	$[^{\circ}\text{C}]$ a $[\text{K}]$
$\tau$	čas	$[\text{s}]$
$\theta$	teplota	$[^{\circ}\text{C}]$ a $[\text{K}]$
$U$	součinitel prostupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
$\Delta U_{\text{em}}$	přirážka na tepelné vazby	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
$V$	objemový průtok	$[\text{m}^3/\text{s}]$ a $[\text{m}^3/\text{h}]$

## Seznam použitých zkratek

<b>Zkratka;</b>	<b>Význam zkratky</b>
CalA	Calculation Area
COP	coefficient of performance (topný faktor)
ČSN	česká státní norma
DR	diferenciální rovnice
EHB	energetické hodnocení budov
EN	evropská norma
EPS	expandovaný polystyren
EXT	exteriér
IN	investice
INT	interiér
IRR	internal rate of return (vnitřní výnosové procento)
K-CE	konstrukce

LV	lineární vazba
NPV	net present value (čistá současná hodnota)
NT	nízký tarif
NV	nucené větrání
NZÚ	Nová zelená úsporám
OP	okrajová podmínka opatření
OZE	obnovitelný zdroj energie
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
RB	referenční budova
RD	rodinný dům
TČ	tepelné čerpadlo
TM	tepelný most
TOB	tepelná ochrana budov
TRNSYS	Transient System Simulation Tool
TV	Tepelný výkon teplá voda tepelná vazba
TZB	technická zařízení budov
VAR	varianta
VT	vysoký tarif
VYT	vytápění
VZT	vzduchotechnická zařízení
XPS	expandovaný polystyren
ZZT	zpětné získávání tepla

## **9. Přílohy**

### **Seznam příloh diplomové práce**

- Protokoly s výsledky konstrukčních detailů zadaného RD vypočtených v různých počítačových programech.



## Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

### 1. Identifikační údaje:

Název projektu: 1. ROH BUDOVY - K VENK. PROSTŘEDÍ  
Datum: 20. července 2017

### 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru 2 000 x 1 000 ks Buněk s materiálem 207 360 ks  
Rozměr buňky ve směru X 0,003 m Buněk s okrajovou podmínkou 2 880 ks  
Rozměr buňky ve směru Y 0,005 m Buněk s vnitřními zdroji 0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M16 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M30 - FASÁDNÍ HMOŽDÍNKA ETICS		920,00	0,230	1470,00
M32 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M33 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M44 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^\circ\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		2,880	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^\circ\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		4,320	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

### 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci  $T_{max} = 19,676^\circ\text{C}$  Tepelný tok do konstrukce  $Q_{okr\ in} = 8,45$  W/m  
Min. teplota v konstrukci  $T_{min} = -14,999^\circ\text{C}$  Tepelný tok do konstrukce  $Q_{odr\ in} = 0,00$  W  
  
Max. povrchová teplota  $T_{p,max} = 19,68^\circ\text{C}$  Tepelný tok z konstrukce  $Q_{okr\ out} = -8,45$  W/m  
Min. povrchová teplota  $T_{p,min} = -15,00^\circ\text{C}$  Tepelný tok z konstrukce  $Q_{odr\ out} = 0,00$  W  
  
Kritérium konvergence 4E-004 < 0,020 Suma tepelných toků  $Q_{sum} = 0,00$  W/m  
Chyba výpočtu podle normy 6E-005 < 0,001 Počet řešených rovnic 207 360 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009. splněno

**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009. splněno

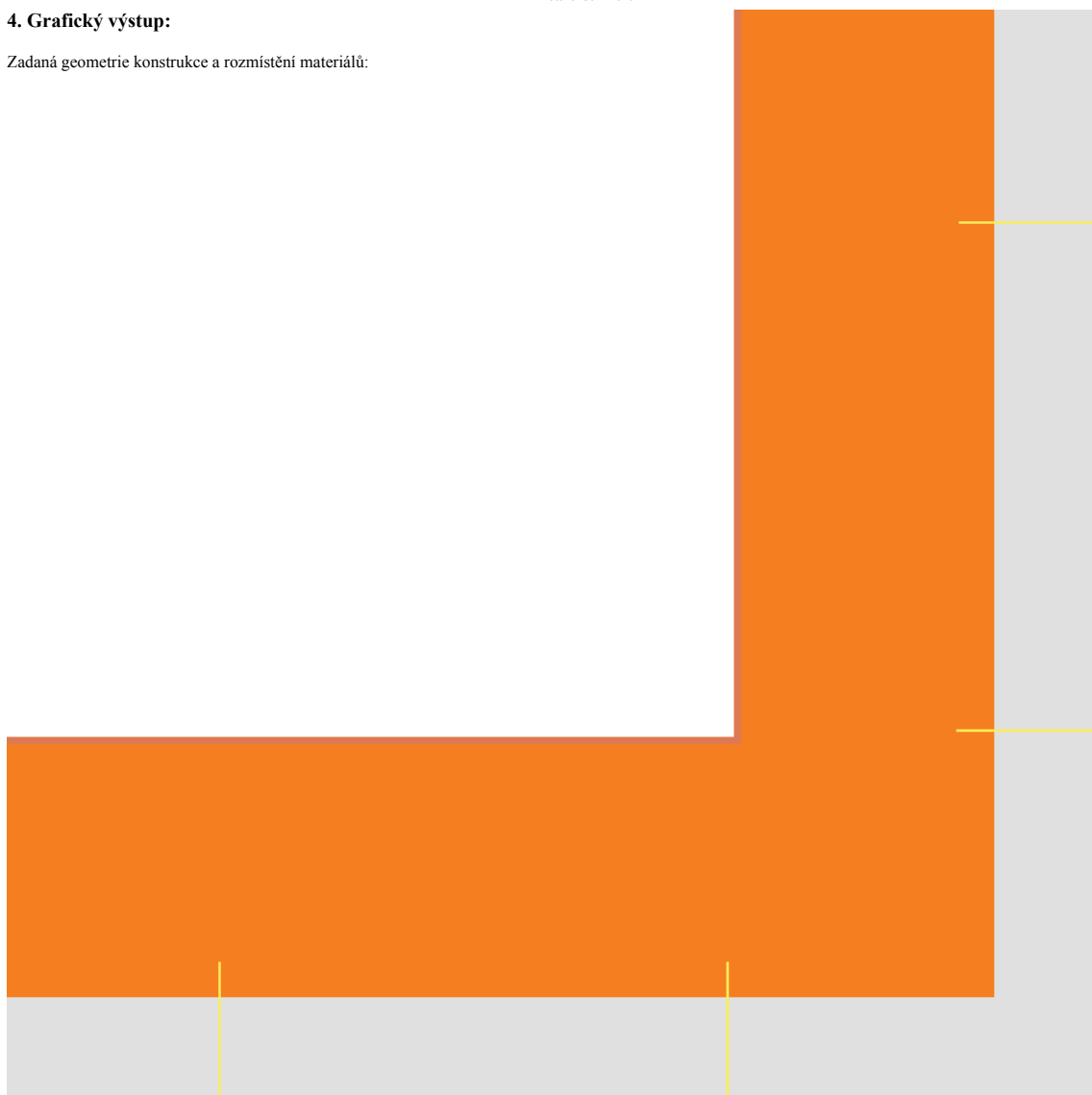
Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr}$ [W/m]	Tepelný tok $Q_{okr}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Max. povrchová teplota $T_{max}$ [°C]	Min. povrchová teplota $T_{min}$ [°C]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^\circ\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		8,449	2,934	19,683	18,874
P10 - Exteriér ( $t = -15^\circ\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-8,448	-1,956	-14,823	-14,999

### Výsledný lineární činitel prostupu tepla:

Teplota okrajové podmínky	$t =$	- 15,000 [°C]
Součinitel přestupu tepla	$\alpha =$	23,000 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Počet vložených okrajových podmínek	$n =$	1 296 [ks]
Celková délka okrajové podmínky	$l =$	4,320 [m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$Q =$	- 8,448 [W/m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$q =$	- 1,956 [W/m <sup>2</sup> ]
Rozdíl teplot $\Delta T = (T_i - T_e)$	$\Delta T =$	35,000 [K]
Součinitel prostupu tepla konstrukci	$U =$	0,076 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Přepočítat lineární činitel prostupu tepla $\Psi$ [W/(m·K)] podle normy ČSN EN ISO 10211		
Zadaný součinitel prostupu tepla	$U =$	0,076 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Průměrný součinitel prostupu tepla	$PrumU =$	0,056 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	4,320 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	11,491 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	8,448 [W/m]
Rodí tepelných toků mezi 1D a 2D	$Q21 =$	- 3,043 [W/m]
Tepelná propustnost	$L2D =$	0,241 [W/(m·K)]
Lineární činitel prostupu tepla	$\Psi =$	- 0,087 [W/(m·K)]

#### 4. Grafický výstup:

Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:

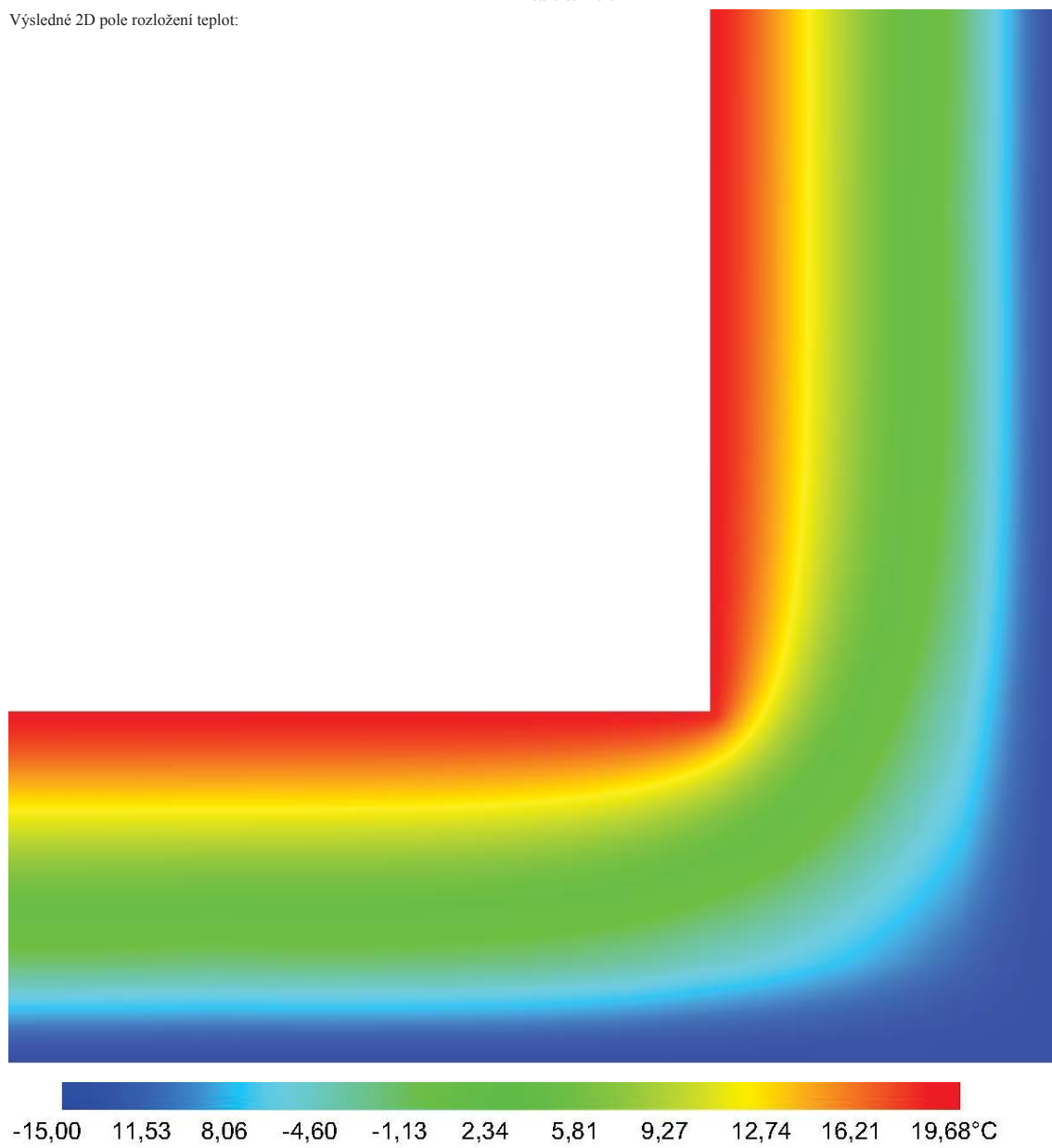


Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:

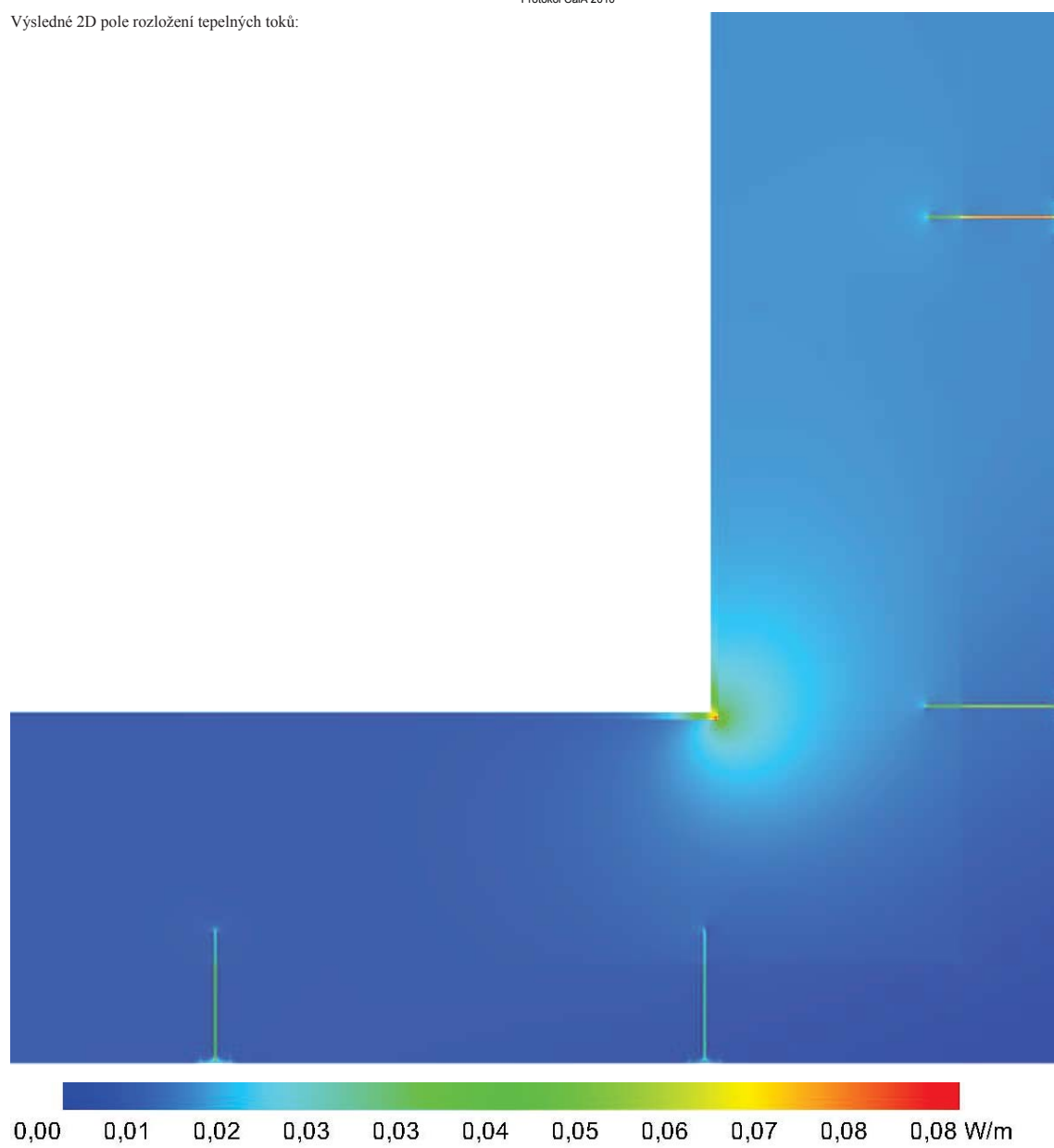


Výsledné 2D pole rozložení teplot:

Protokol CalA 2010



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



## DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLIT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 10211 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Area 2017

Název úlohy : 1. ROH ZDIVA K VENKOVNÍMU PROSTŘEDÍ

Zpracovatel : Milan Císař

Zakázka : Diplomová práce

Datum : 7.11.2017

### KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 20.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 67

Počet vodorovných os: 79

Počet prvků: 10296

Počet uzlových bodů: 5293

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	X1	X2	Y1	Y2
1	Heluz family 2in 1	0.058	0.058	22	67	27	41
2	Heluz family 2in 1	0.058	0.058	22	50	41	78
3	Cemix 073_vnitřní podklad	0.480	0.480	50	67	41	48
4	Cemix 073_vnitřní podklad	0.480	0.480	49	57	49	79
5	Polystyren pěnový EPS 70F	0.039	0.039	22	67	7	27
6	Polystyren pěnový EPS 70F	0.039	0.039	5	22	7	79
7	Disperzní stěrka	0.700	0.700	5	67	1	7
8	Disperzní stěrka	0.700	0.700	1	5	1	79
9	Fasádní hmoždinka ETICS	0.230	0.230	63	66	8	17
10	Fasádní hmoždinka ETICS	0.230	0.230	64	65	16	32
11	Fasádní hmoždinka ETICS	0.230	0.230	59	60	18	33
12	Fasádní hmoždinka ETICS	0.230	0.230	58	61	10	19
13	Fasádní hmoždinka ETICS	0.230	0.230	4	13	58	61
14	Fasádní hmoždinka ETICS	0.230	0.230	13	29	59	60
15	Fasádní hmoždinka ETICS	0.230	0.230	6	14	63	66
16	Fasádní hmoždinka ETICS	0.230	0.230	14	30	64	65

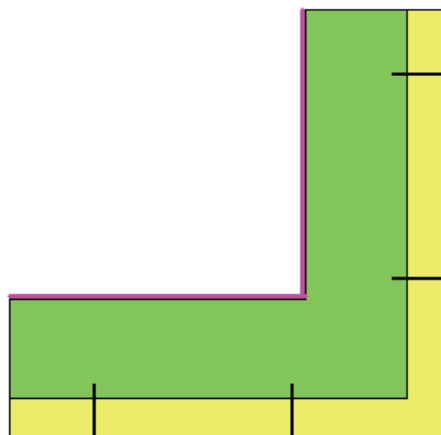
Geometrie detailu  
a zadané podmínky:

Počet vertik. os: 67

Počet horizont. os: 79

Počet prvků: 10296

Teplota    Odpor Rs  
 - <= 0    <= 0,05  
 - <= 0    > 0,05  
 - > 0    <= 0,16  
 - > 0    0,17-0,24  
 - > 0    >= 0,25



#### Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	RH [%]	P [kPa]	h,p [s/m]
1	4473	4503	20.00	0.13	50.0	1.17	10.00
2	3919	5262	20.00	0.13	50.0	1.17	10.00
3	1	79	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
4	1	317	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
5	317	5215	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00

Poznámka: Rs je odpor při přestupu tepla na příslušném povrchu, RH je relativní vlhkost v prostředí působícím na příslušný povrch, P je částečný tlak vodní páry v prostředí působícím na daný povrch a h,p je součinitel přestupu vodní páry na příslušném povrchu.

#### VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

##### NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	20.0	0.13	50	18.69	8.49479	0.24271
2	-15.0	0.04	84	-15.00	-8.49900	0.24283

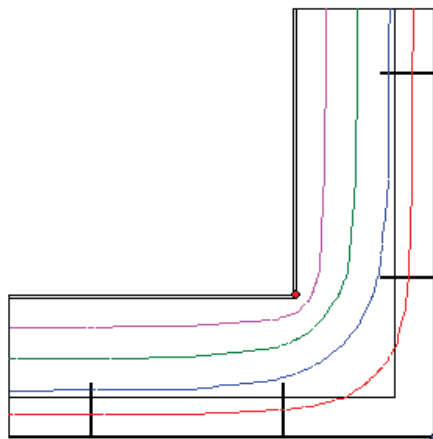
##### Vysvětlivky:

T zadaná teplota v daném prostředí [C]  
Rs zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]  
R.H. zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)  
Propust. L tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]  
(lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

##### Izotermy:

— -8,00 C  
— -1,00 C  
— 6,00 C  
— 13,00 C

● Ts=18,69 C  
● Ts=-15,00 C



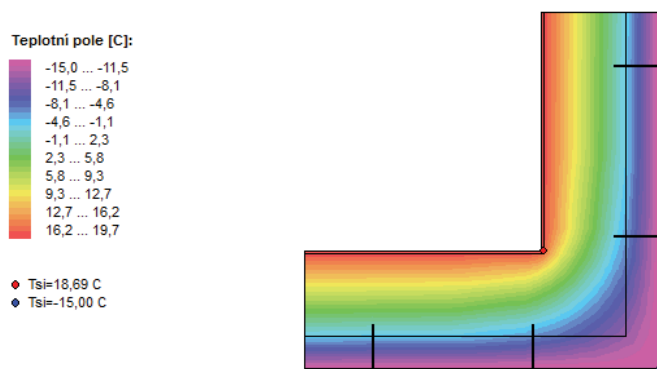
##### NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	9.26	18.69	0.963	ne	---	---
2	-16.87	-15.00	1.000	ne	---	---

##### Vysvětlivky:

Tw teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C  
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
f,Rsi teplotní faktor dle ČSN 730540, EN ISO 10211 a EN ISO 13788 [-]  
[rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní ( 20.0 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota Te = -15.0 C]  
KOND. označuje vznik povrchové kondenzace  
RH,max maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]  
T,min minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika povrchové kondenzace neodpovídá hodnocení podle ČSN 730540-2. Program pouze porovnává teplotu povrchu s teplotou rosného bodu v okolním prostředí.



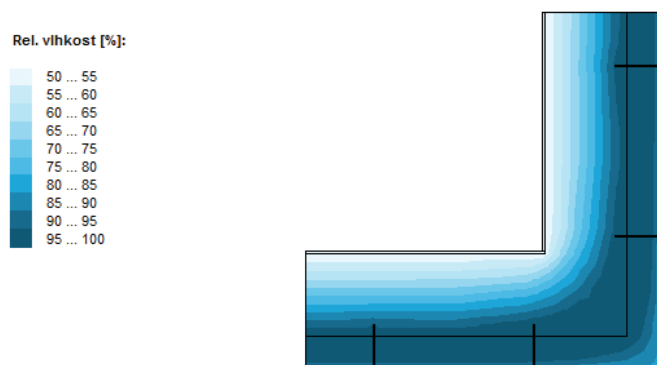
#### ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků: -0.0042 W/m  
 Součet abs.hodnot tep.toků: 16.9938 W/m  
 Podíl: -0.0002  
 Podíl je menší než 0.001 - požadavek EN ISO 10211 je splněn.

#### TOKY DIFUNDUJÍCÍ VODNÍ PÁRY PŘI ZADANÝCH PODMÍNKÁCH:

Množství vstupující do konstrukce: 7.9E-0008 kg/m.s.  
 Množství vystupující z konstrukce: 3.2E-0008 kg/m.s.  
 Množství kondenzující vodní páry: 4.7E-0008 kg/m.s.

Poznámka: Uvedená množství jsou vztažena k 1 m výšce detailu a platí pro zadané okrajové podmínky. Množství vodní páry vstupující do konstrukce bylo stanoveno pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 10.e-9 s/m. Množství vystupující z konstrukce pak pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 20.e-9 s/m. Ostatní povrchy se ve výpočtu neuplatnily.



### **Lineární činitel prostupu tepla**

Tepelná propustnost L : 0,2428 W/mK

Dílčí plošné konstrukce:	
Součinitel prostupu tepla	Příslušná délka [m]
0,076	2,1600
0,076	2,1600

Výsledný lineární činitel prostupu tepla Psi: -0.086 W/mK

Vyhodnocení z hlediska požadavků ČSN 730540-2:  
 Maximální přípustný lin. činitel Psi,N: 0,20 W/mK  
 Hodnocený detail splňuje požadavek ČSN 730540-2.



# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

## podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

### 1. Identifikační údaje:

Název projektu: ROH BUDOVY - V MÍSTĚ OKNA A DVEŘÍ

Datum: 31. července 2017

### 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	4 678 x 1 653 ks	Buněk s materiálem	464 676 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	3 932 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,002 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M20 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M33 - CEMIX - INTERIÉROVÝ NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M34 - FASÁDNÍ HMOŽDÍNKÁ ETICS		920,00	0,230	1470,00
M36 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M37 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M48 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		1,592	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		2,336	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

### 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,980^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 3,91\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,998^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,98^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -3,91\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -15,00^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$
Kritérium konvergence	$1\text{E-}003 < 0,020$	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00\ \text{W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$4\text{E-}004 < 0,001$	Počet řešených rovnic	464 676 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max}\ [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min}\ [^{\circ}\text{C}]$
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		3,915	2,459	19,980	19,206
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-3,912	-1,675	-14,809	-14,999

Výsledný lineární činitel prostupu tepla:

Teplota okrajové podmínky	$t =$	- 15,000 $[^{\circ}\text{C}]$
Součinitel přestupu tepla	$\alpha =$	23,000 $[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$
Počet vložených okrajových podmínek	$n =$	1 644 [ks]
Celková délka okrajové podmínky	$l =$	2,336 [m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$Q =$	- 3,912 $[\text{W/m}]$
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$q =$	- 1,675 $[\text{W}/\text{m}^2]$

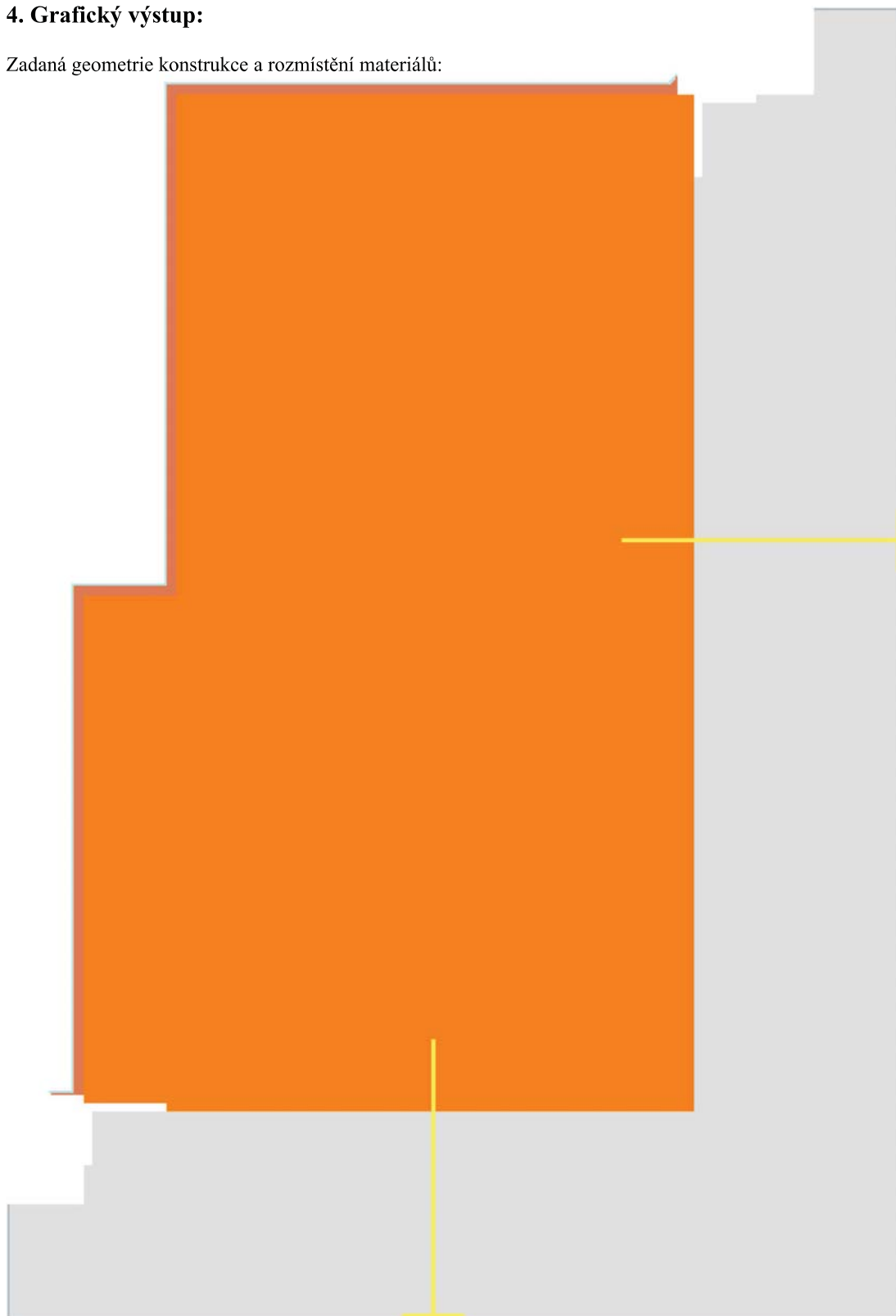
Rozdíl teplot $\Delta T = (T_i - T_e)$	$\Delta T =$	35,000 $[\text{K}]$
Součinitel prostupu tepla konstrukcí	$U =$	0,076 $[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$

Přepočítat lineární činitel prostupu tepla $\psi$ $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$ podle normy ČSN EN ISO 10211	
--	--

Zadaný součinitel prostupu tepla konstrukcí	$U =$	0,076 $[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$
Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí	$PrumU =$	0,048 $[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	2,336 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q_{1D} =$	6,214 $[\text{W/m}]$
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q_{2D} =$	3,912 $[\text{W/m}]$
Rodil tepelných toků mezi 1D a 2D řešením	$Q_{21} =$	- 2,301 $[\text{W/m}]$
Tepelná propustnost	$L_{2D} =$	0,112 $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$
Lineární činitel prostupu tepla	$\psi =$	- 0,066 $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$

#### 4. Grafický výstup:

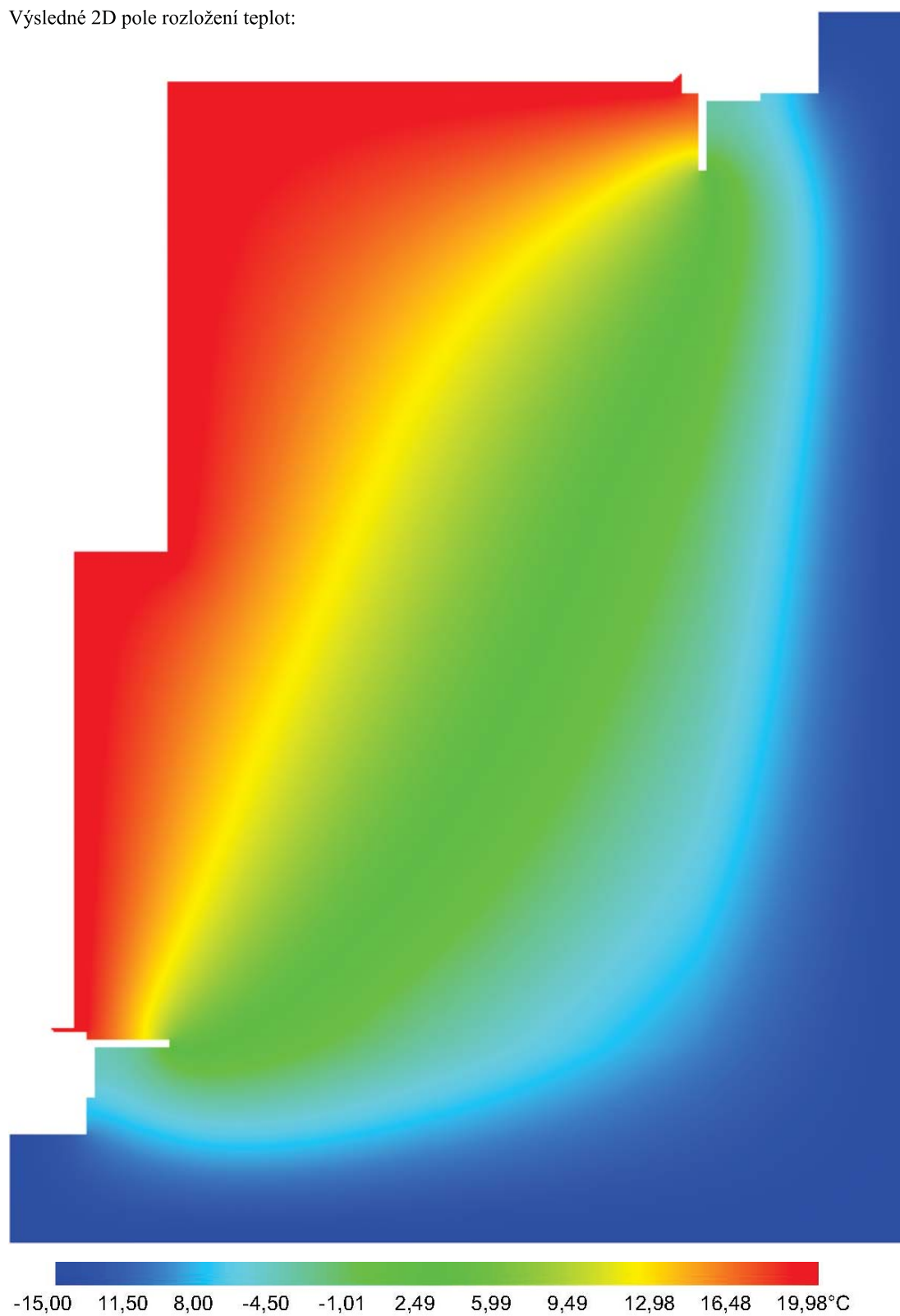
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



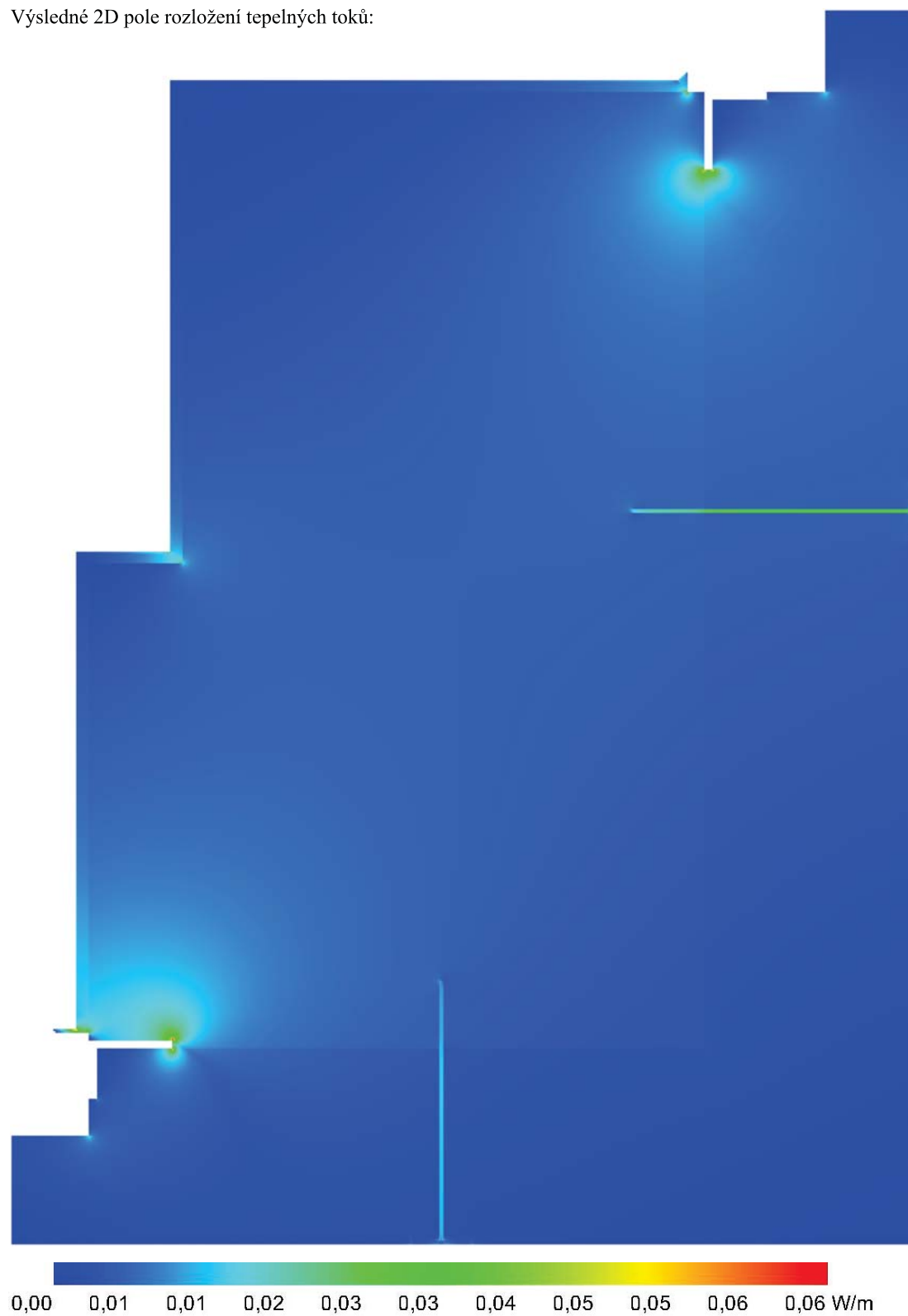
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

## podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

### 1. Identifikační údaje:

Název projektu: ROH BUDOVY - V MÍSTĚ OKNA

Datum: 31. července 2017

### 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	4 000 x 1 000 ks	Buněk s materiálem	367 140 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	4 664 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,005 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M16 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M29 - CEMIX - INTERIÉROVÝ NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M30 - FASÁDNÍ HMOŽDÍNKA ETICS		920,00	0,230	1470,00
M32 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M33 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M44 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		2,440	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		3,890	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

### 3. Výsledky:



Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,700^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 7,68\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,999^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,70^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -7,68\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -15,00^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$
Kritérium konvergence	$1\text{E-}003 < 0,020$	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00\ \text{W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$7\text{E-}005 < 0,001$	Počet řešených rovnic	367 140 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1‰. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr}$ [W/m]	Tepelný tok $Q_{okr}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Max. povrchová teplota $T_{max}$ [°C]	Min. povrchová teplota $T_{min}$ [°C]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		7,681	3,148	19,703	18,959
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-7,682	-1,975	-14,818	-14,999

#### 4. Grafický výstup:

Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:

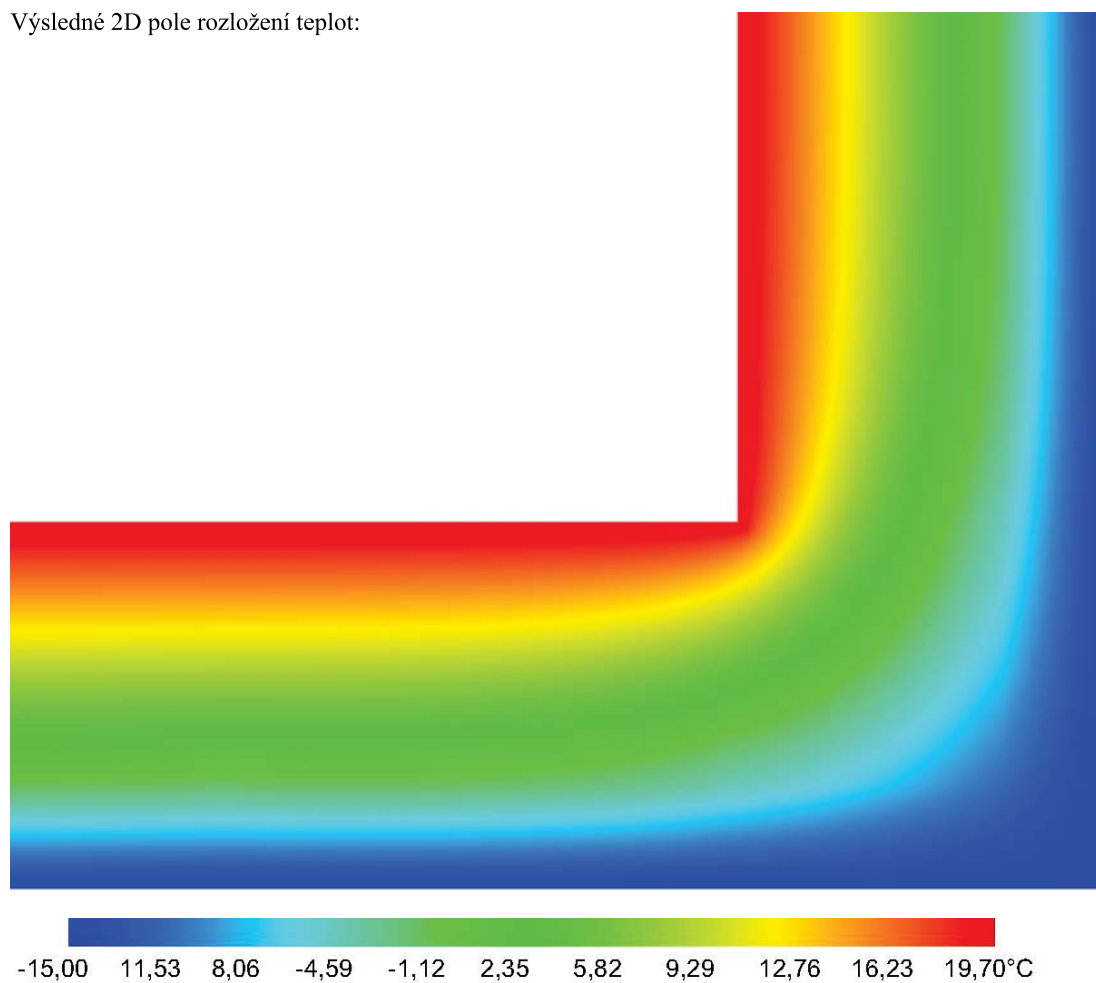




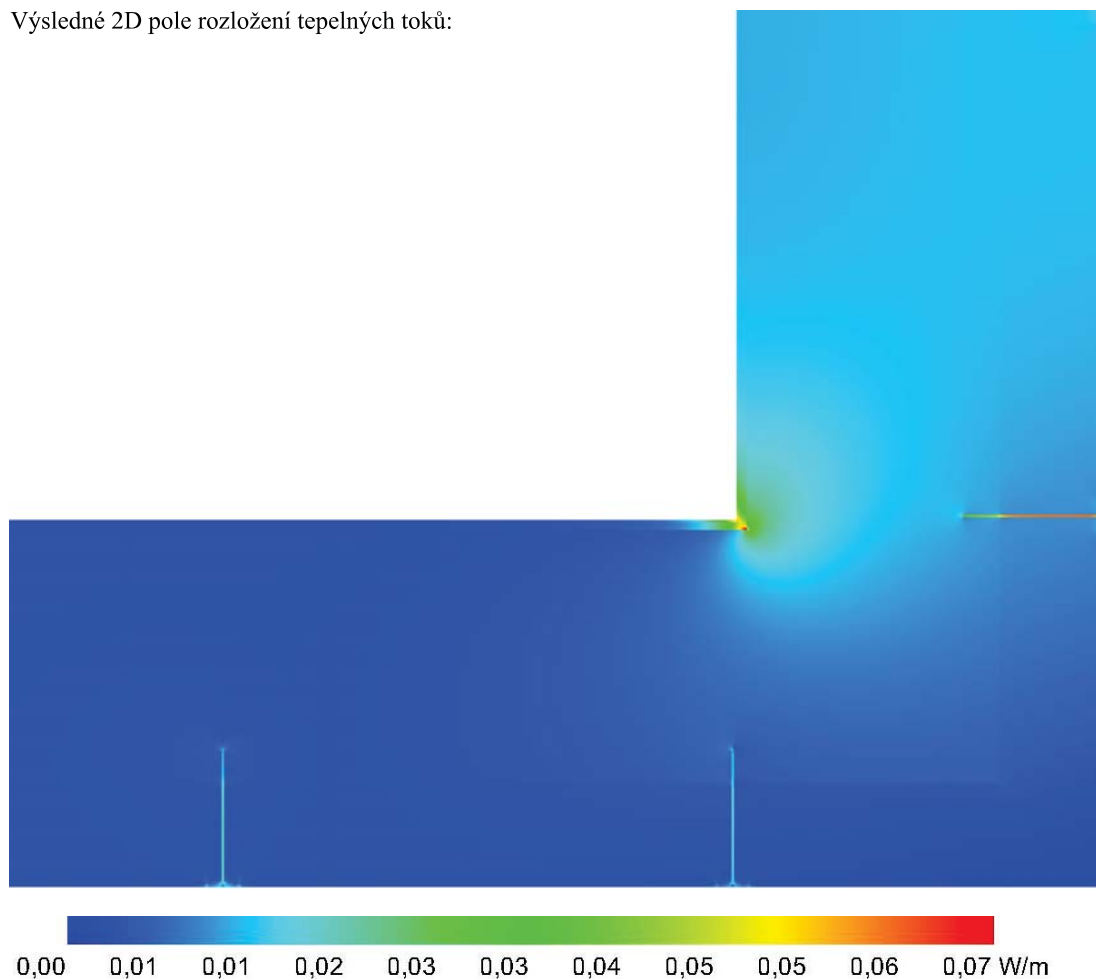
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



Výsledný lineární činitel prostupu tepla:

Tepnota okrajové podmínky	$t =$	- 15,000 [°C]
Součinitel přestupu tepla	$\alpha =$	23,000 [W/(m² K)]
Počet vložených okrajových podmínek	$n =$	2 074 [ks]
Celková délka okrajové podmínky	$l =$	3,890 [m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$Q =$	- 7,682 [W/m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$q =$	- 1,975 [W/m²]
Rozdíl teplot $\Delta T = (T_i - T_e)$		
		$\Delta T =$ 35,000 [K]
Součinitel prostupu tepla konstrukcí	$U =$	0,076 [W/(m² K)]
Přepočítat lineární činitel prostupu tepla $\Psi$ [W/(m K)] podle normy ČSN EN ISO 10211		
Zadaný součinitel prostupu tepla	$U =$	0,076 [W/(m² K)]
Průměrný součinitel prostupu tepla	$PrumU =$	0,056 [W/(m² K)]
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	3,890 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	10,347 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	7,682 [W/m]
Rozdíl tepelných toků mezi 1D a 2D	$Q21 =$	- 2,665 [W/m]
Teplotní propustnost	$L2D =$	0,219 [W/(m K)]
Lineární činitel prostupu tepla	$\Psi =$	- 0,076 [W/(m K)]

# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

## podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

### 1. Identifikační údaje:

Název projektu: KOUT BUDOVY - V MÍSTĚ DVEŘÍ

Datum: 31. července 2017

### 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	2 000 x 1 000 ks	Buněk s materiálem	524 160 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	3 640 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,003 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M16 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M29 - CEMIX - INTERIÉROVÝ NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M30 - FASÁDNÍ HMOŽDÍNKÁ ETICS		920,00	0,230	1470,00
M32 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M33 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M44 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^\circ\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		2,995	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^\circ\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		1,555	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

### 3. Výsledky:



Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,992^\circ\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 4,84\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,896^\circ\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,99^\circ\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -4,84\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,90^\circ\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$
Kritérium konvergence	6E-004 < 0,020	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00\ \text{W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	2E-004 < 0,001	Počet řešených rovnic	524 160 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

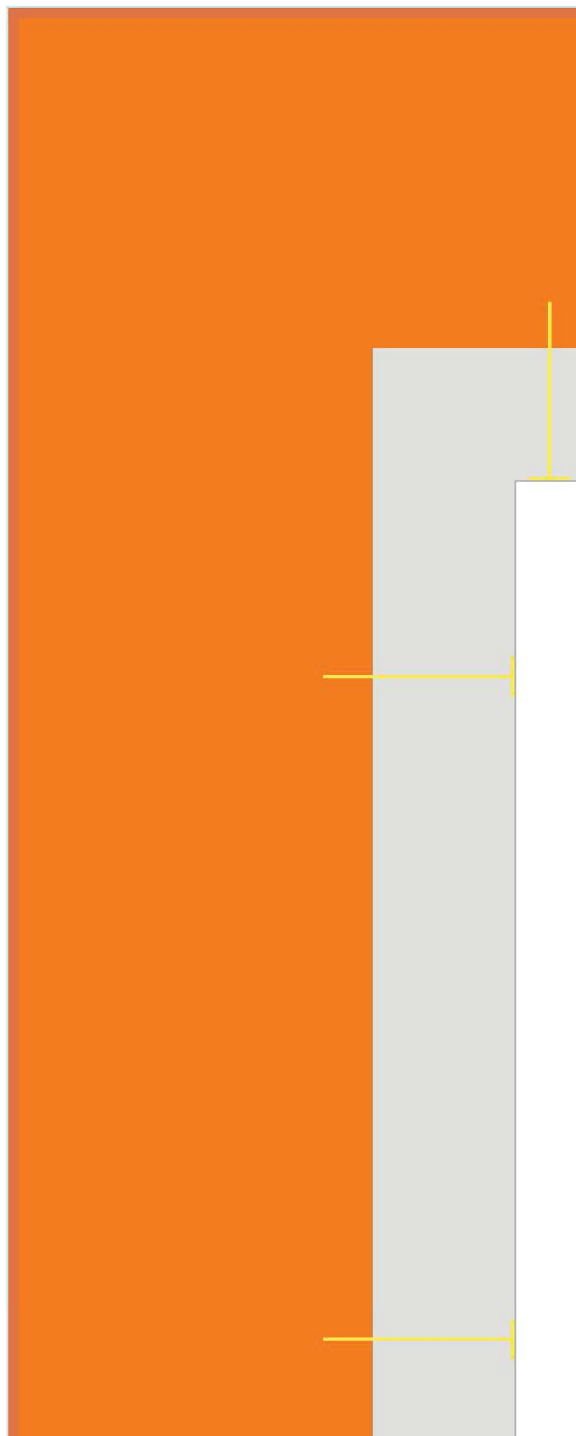
Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr}$ [W/m]	Tepelný tok $Q_{okr}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Max. povrchová teplota $T_{max}$ [°C]	Min. povrchová teplota $T_{min}$ [°C]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		4,843	1,617	19,992	19,680
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-4,841	-3,113	-14,510	-14,898

Výsledný lineární činitel prostupu tepla:

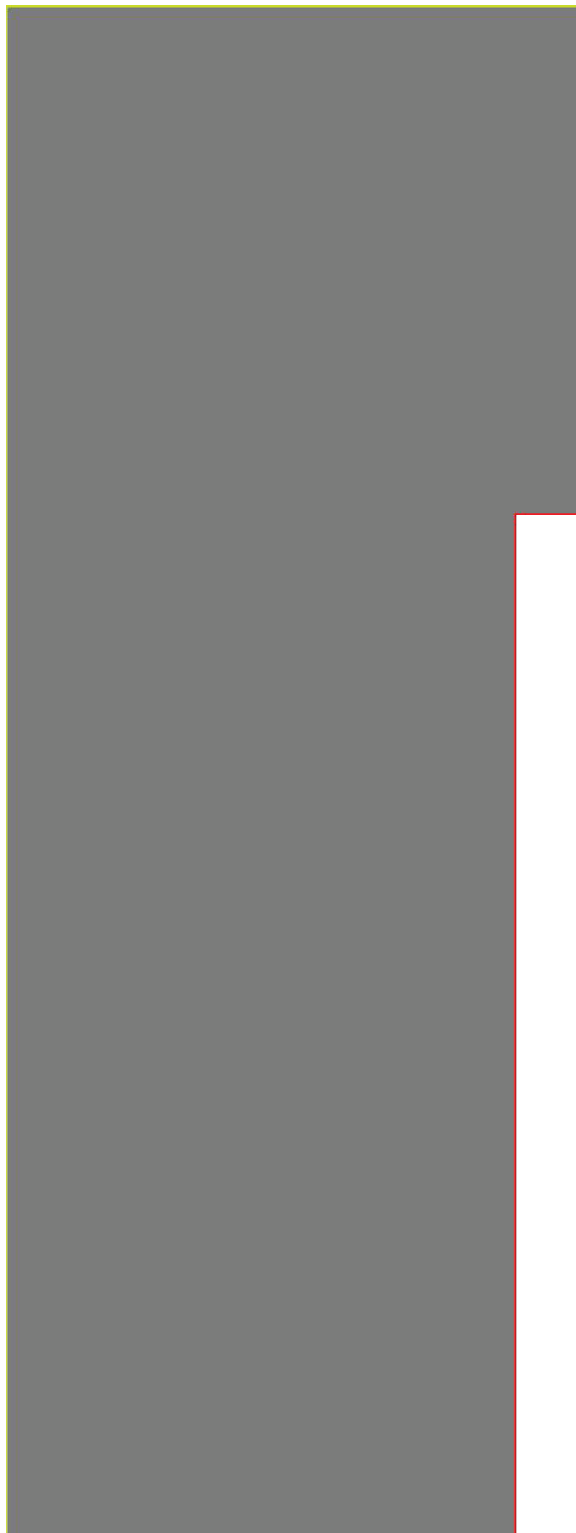
Teplo okrajové podmínky	$t =$	- 15,000 [°C]
Součinitel přestupu tepla	$\alpha =$	23,000 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Počet vložených okrajových podmínek	$n =$	661 [ks]
Celková délka okrajové podmínky	$l =$	1,555 [m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$Q =$	- 4,841 [W/m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$q =$	- 3,113 [W/m <sup>2</sup> ]
Rozdíl teplot $\Delta T = (T_i - T_e)$	$\Delta T =$	35,000 [K]
Součinitel prostupu tepla konstrukcí	$U =$	0,076 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Přepočítat lineární činitel prostupu tepla $\psi$ [W/(m·K)] podle normy ČSN EN ISO 10211		
Zadaný součinitel prostupu tepla	$U =$	0,076 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Průměrný součinitel prostupu tepla	$PrumU =$	0,089 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	1,555 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	4,136 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	4,841 [W/m]
Rozdíl tepelných toků mezi 1D a 2D	$Q21 =$	0,705 [W/m]
Teplotní propustnost	$L2D =$	0,138 [W/(m·K)]
Lineární činitel prostupu tepla	$\psi =$	0,020 [W/(m·K)]

#### 4. Grafický výstup:

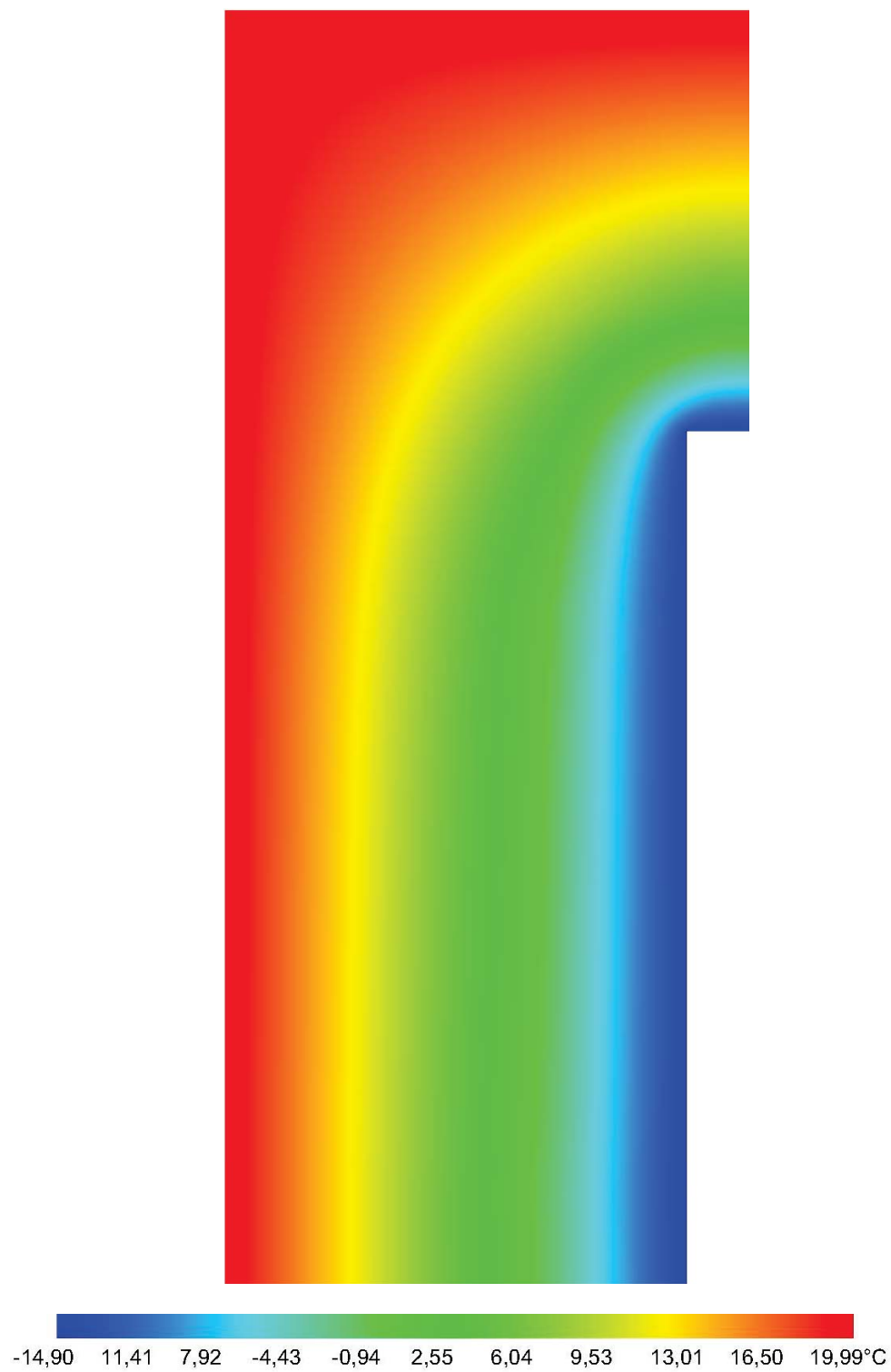
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:







Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



### 1. Identifikační údaje:

Datum: 2. srpnja 2017

Počet buněk v rastru	4 678 x 1 653 ks	Buněk s materiálem	378 722 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	3 374 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,002 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m²·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		1,916	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		1,458	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]
--	-------	--------------------------	-------------------------------	---	---------------------------

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,977^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 13,27\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,971^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,98^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -13,27\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,97^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$



Kritérium konvergence	7E-004 < 0,020	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,01 \text{ W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	1E-004 < 0,001	Počet řešených rovnic	378 722 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

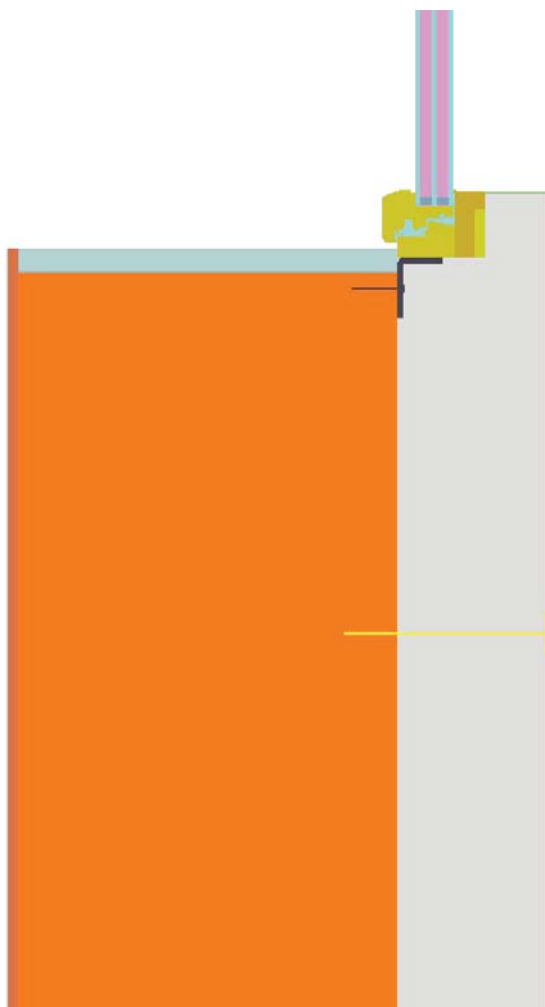
**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max} [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min} [^{\circ}\text{C}]$
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		13,268	6,924	19,983	13,847
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-13,265	-9,098	-11,365	-14,972

#### 4. Grafický výstup:

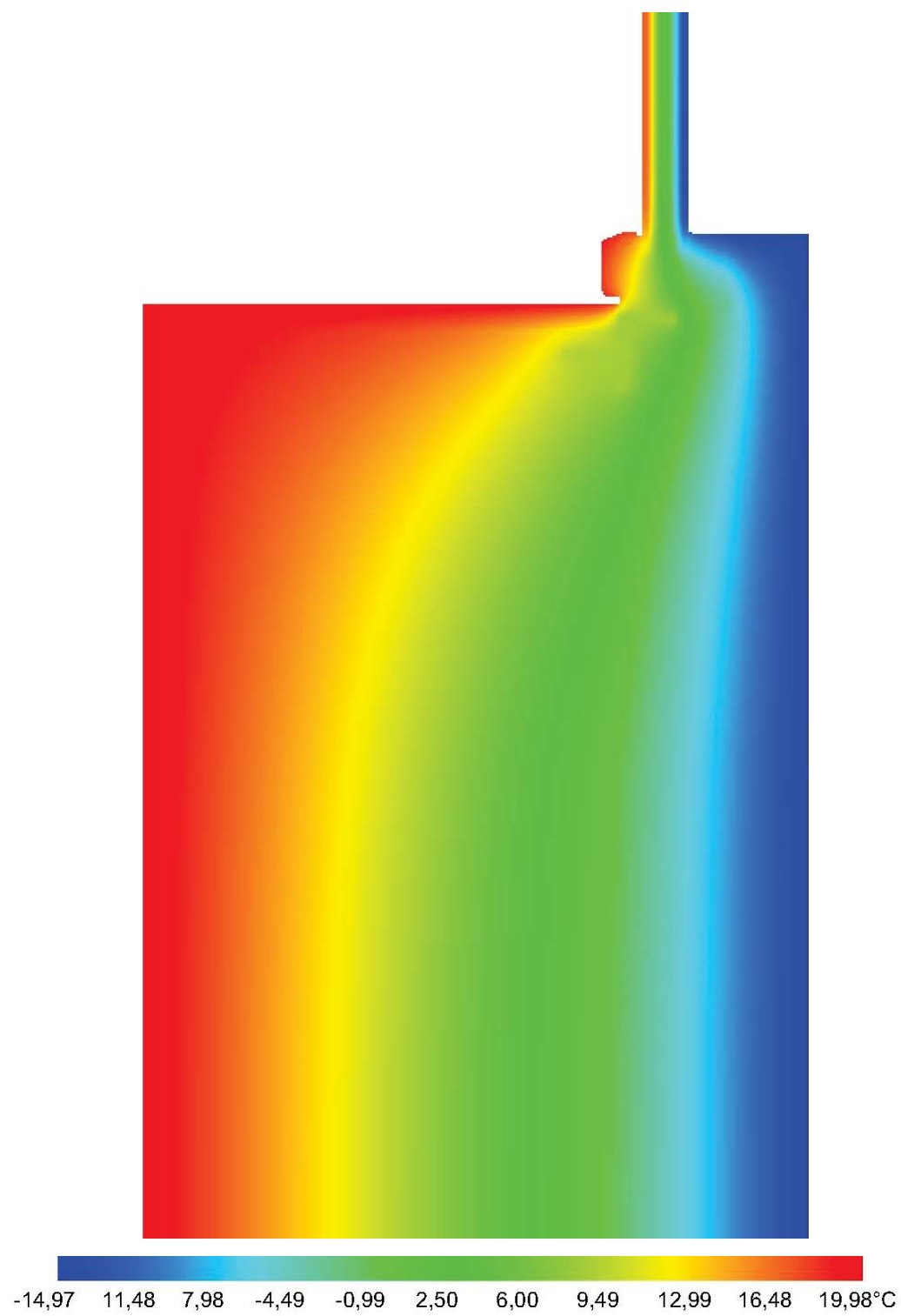
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



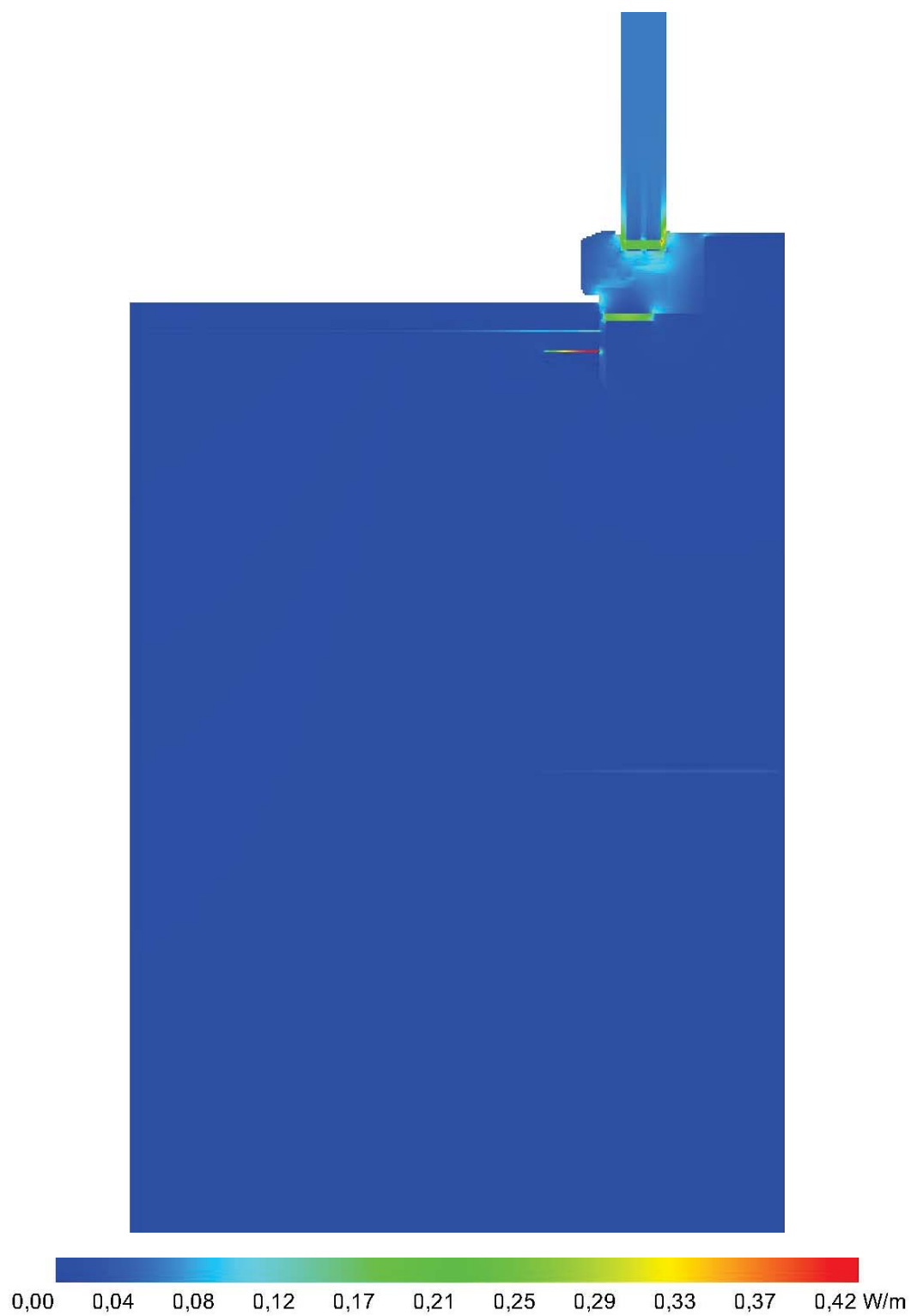
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:





## DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLIT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 10211 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Area 2017

Název úlohy : 6. OKNO V MÍSTĚ PARAPETU

Zpracovatel : Císař Milan

Zakázka : Diplomová práce

Datum : 9.11.2017

### KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 20.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 192

Počet vodorovných os: 192

Počet prvků: 72962

Počet uzlových bodů: 36864

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	X1	X2	Y1	Y2
1	Kompozitní uhlíčník	15.0	15.0	174	182	54	70
2	Polystyren pěnový EPS 70F	0.039	0.039	47	125	1	29
3	PIR deka tl. 30 mm	0.020	0.020	6	47	25	49
4	Pur pěna	0.030	0.030	47	124	30	42
5	Vnitřní rám	0.120	0.120	35	43	103	117
6	Vzduchová mezera	0.160	0.160	41	46	103	116
7	Vnější rám 2	0.140	0.140	47	124	42	49
8	Vnější rám 1	0.160	0.160	102	116	48	142
9	Izolační trojsklo	0.760	0.760	95	100	147	192
10	Argonová výplň	0.030	0.030	86	95	147	151
11	Distanční rámeček Swisspacer	0.170	0.170	86	95	151	165
12	Heluz family 2i	0.058	0.058	7	47	1	30
13	Dřevo tvrdé	0.220	0.220	4	45	48	58
14	Cemix 073 vnitřní podklad	0.480	0.480	4	7	1	48
15	Polystyren XPS (la=0,035)	0.035	0.035	134	137	53	101
16	Disperzní stěrka se silik. omítkou	0.700	0.700	178	182	1	63
17	Fasádní hmoždina ETICS	0.230	0.230	176	180	3	6

Poznámka: LambdaX a LambdaY jsou návrhové hodnoty tepelné vodivosti materiálu ve směru osy X a Y ve W/(m.K);  
Mix a MiY jsou návrhové faktory difúzního odporu materiálu ve směru osy X a Y; X1 a X2 jsou čísla os  
ve směru osy X a Y1 a Y2 jsou čísla os ve směru osy Y vymezující zadanou oblast.

Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	RH [%]	P [kPa]	h,p [s/m]
1	13034	13056	20.00	0.13	50.0	1.17	10.00
2	19185	19200	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00

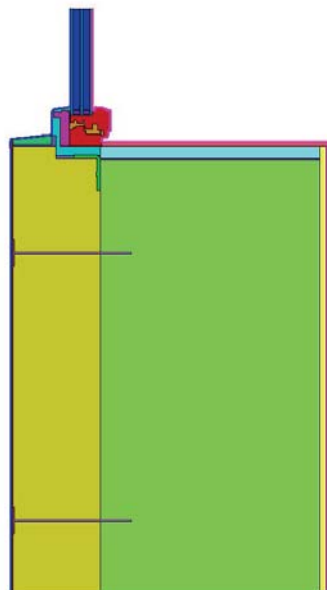
Poznámka: Rs je odpor při přestupu tepla na příslušném povrchu, RH je relativní vlhkost v prostředí působícím  
na příslušný povrch, P je částečný tlak vodní páry v prostředí působícím na daný povrch a h,p je součinitel  
přestupu vodní páry na příslušném povrchu.



Geometrie detailu  
a zadané podmínky:

Počet vertik. os: 192  
Počet horizont. os: 192  
Počet prvků: 72962

Teplota	Odpor Rs
<= 0	<= 0,05
<= 0	> 0,05
> 0	<= 0,16
> 0	0,17-0,24
> 0	>= 0,25



#### VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

##### NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	20.0	0.13	50	13.69	13.26857	0.37910
2	-15.0	0.04	84	-14.92	-13.26579	0.37902

Vysvětlivky:

T zadaná teplota v daném prostředí [C]  
Rs zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]  
R.H. zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)  
Propust. L tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]  
(lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

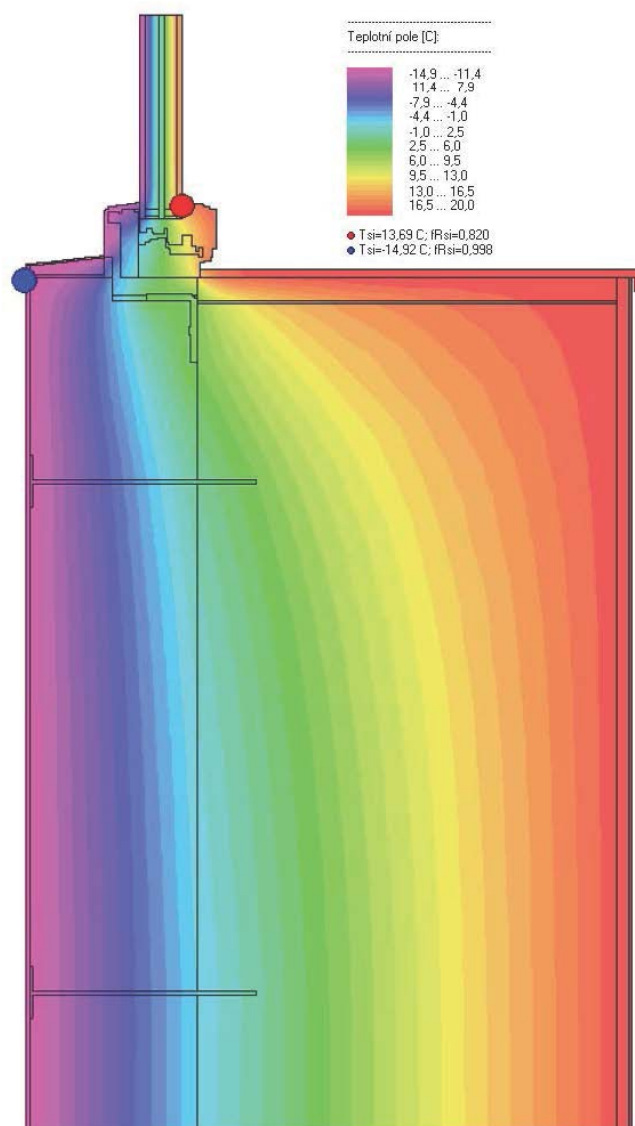
##### NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	9.26	13.69	0.820	ne	---	---
2	-16.87	-14.92	0.998	ne	---	---

Vysvětlivky:

Tw teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C  
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
f,Rsi teplotní faktor dle ČSN 730540, EN ISO 10211 a EN ISO 13788 [-]  
[rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní ( 20.0 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota Te = -15.0 C]  
KOND. označuje vznik povrchové kondenzace  
RH,max maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]  
T,min minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika povrchové kondenzace neodpovídá hodnocení podle ČSN 730540-2. Program pouze porovnává teplotu povrchu s teplotou rosného bodu v okolním prostředí.



#### ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků: 0.00278 W/m  
 Součet abs.hodnot tep.toků: 26.5344 W/m  
 Podíl: 0.00011  
 Podíl je menší než 0.001 - požadavek EN ISO 10211 je splněn.

#### TOKY DIFUNDUJÍCÍ VODNÍ PÁRY PŘI ZADANÝCH PODMÍNKÁCH:

Množství vstupující do konstrukce: 7.9E-0008 kg/m.s.  
 Množství vystupující z konstrukce: 1.8E-0008 kg/m.s.  
 Množství kondenzující vodní páry: 6.1E-0008 kg/m.s.

Poznámka: Uvedená množství jsou vztažena k 1 m výšce detailu a platí pro zadané okrajové podmínky. Množství vodní páry vstupující do konstrukce bylo stanoveno pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 10.e-9 s/m. Množství vystupující z konstrukce pak pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 20.e-9 s/m. Ostatní povrchy se ve výpočtu neuplatnily.

Area 2017, (c) 2017 Svoboda Software

# Návrh detailu pasivního domu

## Lineární činitel prostupu tepla - osazení okna v místě parapetu

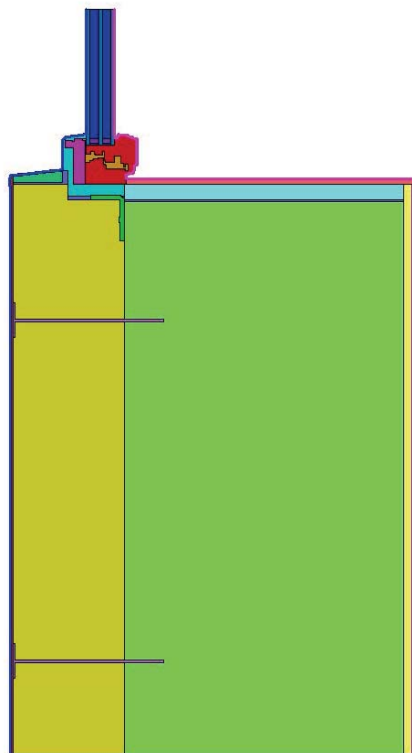
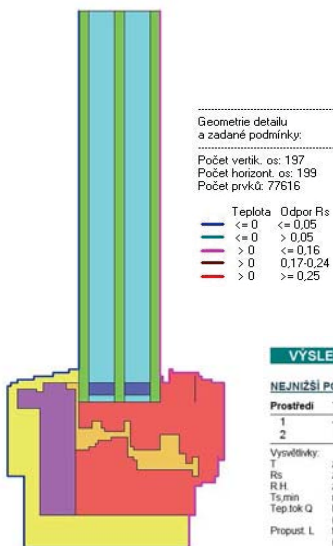
2D výpočet propustnosti detailu (therm)			
U-factor	0,251	W/(m²K)	
length	1510	mm	
L <sub>2D</sub>	0,3790	W/(mK)	
vlastní hodnota	L <sub>2D</sub>	W/(mK)	

Tepelná propustnost stěny			
b <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>	vlastní U <sub>1</sub>	
[mm]	W/(m²K)	W/(m²K)	
Konstrukce č.1	1000	0,0760	

2D propustnost okna (therm)			
U-factor	0,785	W/(m²K)	
length	390	mm	
L <sub>win,2D</sub>	0,3064	W/(mK)	
vlastní hodnota	L <sub>win,2D</sub>	W/(mK)	

$$\Psi = L_{2D} - U_1 \cdot b_1 - L_{win,2D}$$

$$\Psi = 0,003 \text{ W/(m.K)}$$



### VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

#### NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m²K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	-15,0	0,04	84	-14,80	-10,72371	0,30639
2	20,0	0,13	50	13,68	10,73561	0,30673

Vysvětlivky:

T    zadaná teplota v daném prostředí [C]  
Rs    zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m²K/W]  
R.H.    zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts,min    minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
Tep.tok Q    hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vypočtena na 1m délky tepelného mostu, přičemž zřítka je kladná a záporná)  
Propust. L    tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]  
(je určen jen pro maximálně 2 prostředí, pro určité charakteristické výšky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)



1 Plošná konstrukce č.1					
Konstrukce č. Popis konstrukce					
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²K/W]				vnitřní R <sub>si</sub> :	0,13
				vnější R <sub>se</sub> :	0,04
Dílič plocha 1	λ [W/(mK)]	Dílič plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Dílič plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(mK)]
1. INTERIEROVÝ NATĚR	0,670				
2. VNITŘNÍ PODKLAD	0,480				
3. HELUZ FAMILY 2IN1	0,064				
4. POLYST. PĚN. EPS 70F	0,039				
5. DISPERZNÍ STĚRKA	0,700				
6. SILIKONOVÁ OMÍTKA	0,700				
7.					
8.					
		Podíl dílič plochy 2		Podíl dílič plochy 3	
					Celková šířka tloušťka [mm]
					2
					14
					500
					200
					2
					2
					Celkem
					72,0 cm
Součinitel U:					0,0760 W/(m²K)

### 1. Identifikační údaje:

Datum: 8. srpnja 2017

## 2. Vstupní údaje:

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M01 - CIHEL. TVAROVKA - PŘEKŁAD				
M02 - PUR PĚNA		660,00	0,730	1000,00
M03 - BETON HELUZ PŘEKŁADU		20,00	0,030	1400,00
M05 - PIR DESKA TL. 30 MM		2200,00	1,290	1020,00
M06 - ARGONOVÁ VÝPLŇ		32,00	0,020	1400,00
M07 - SKŁO - IZOLAČNÍ TŘOSJSKŁO		1,70	0,030	520,00
M08 - VNITŘNÍ RÁM		2600,00	0,760	840,00
M10 - VNĚJŠÍ RÁM 1		400,00	0,120	2510,00
M14 - VZDUCH. MEZ. DO VÝPLNÍ		600,00	0,160	2510,00
M21 - KOMPOZITNÍ UHELNÍK		1,20	0,160	1010,00
M22 - OSB DESKA		7850,00	15,000	440,00
M24 - ČEMIX 073 VNITŘNÍ _PODKŁAD		580,00	0,130	2100,00
M25 - ŽELEZO STAVEBNÍ		1500,00	0,480	840,00
M32 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		7850,00	58,000	440,00
M33 - DISTAN. RÁM. - SWISSPACER		1800,00	0,700	800,00
M34 - VNĚJŠÍ RÁM 2		1300,00	0,170	1000,00
M37 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		700,00	0,140	2510,00
M38 - FASÁDNÍ HMOŽDINKA ETICS		1700,00	0,670	790,00
M40 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500		920,00	0,230	1470,00
MM M41 - POLYST. PĚN. EPS 70F		650,00	0,058	1000,00
(la=0,039) M52 - DISPERZNÍ STĚRKA		14,00	0,039	1270,00
		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m²·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		1,414	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		0,966	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]
--	-------	--------------------------	-------------------------------	---	---------------------------

### 3. Výsledky:



Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,978^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 13,52\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,981^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,98^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -13,52\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,98^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$
Kritérium konvergence	$2E-003 < 0,020$	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00\ \text{W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$4E-005 < 0,001$	Počet řešených rovnic	390 380 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

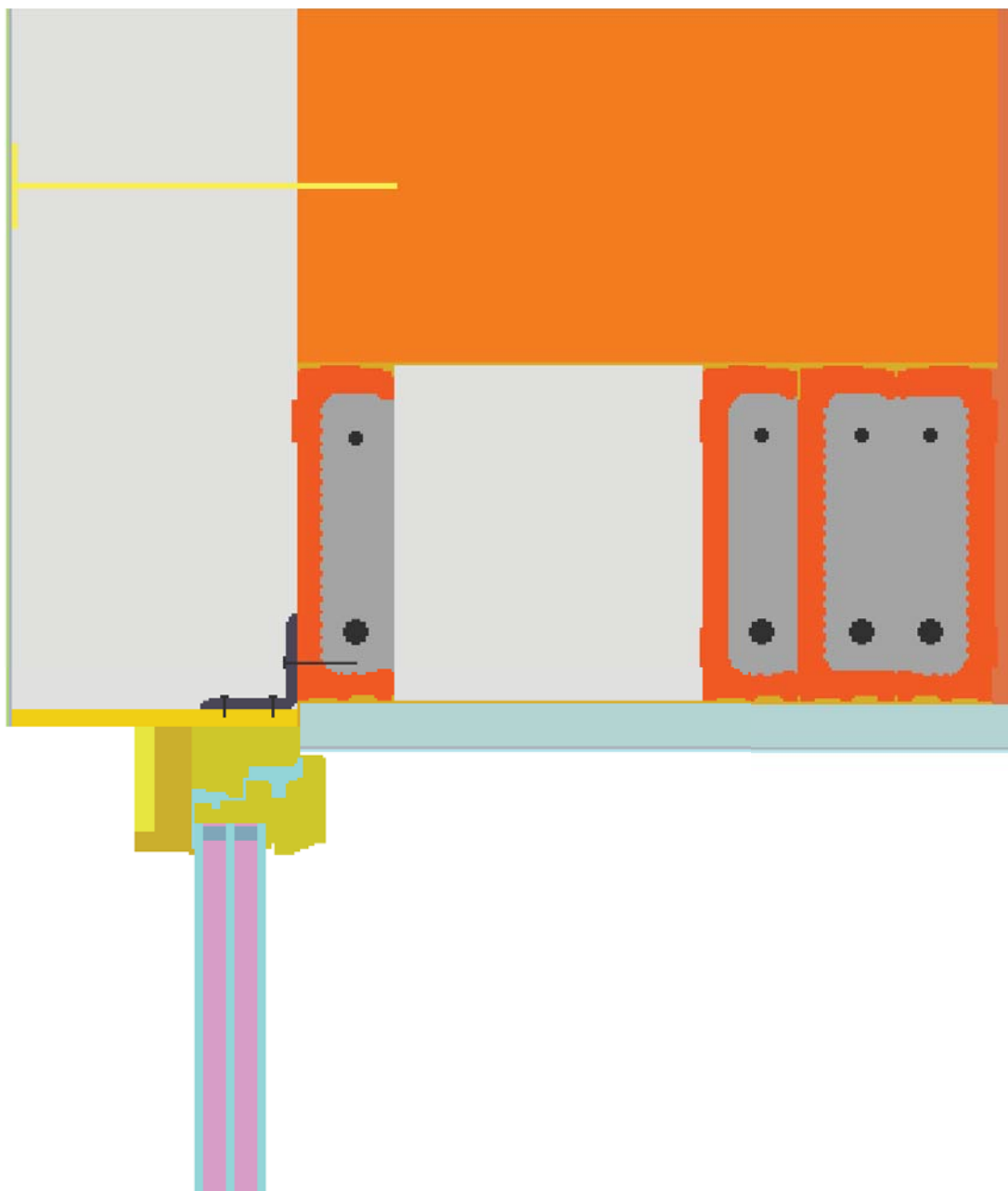
**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max}\ [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min}\ [^{\circ}\text{C}]$
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		13,519	9,561	19,978	13,425
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-13,518	-13,994	-11,641	-14,983

#### 4. Grafický výstup:

Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:

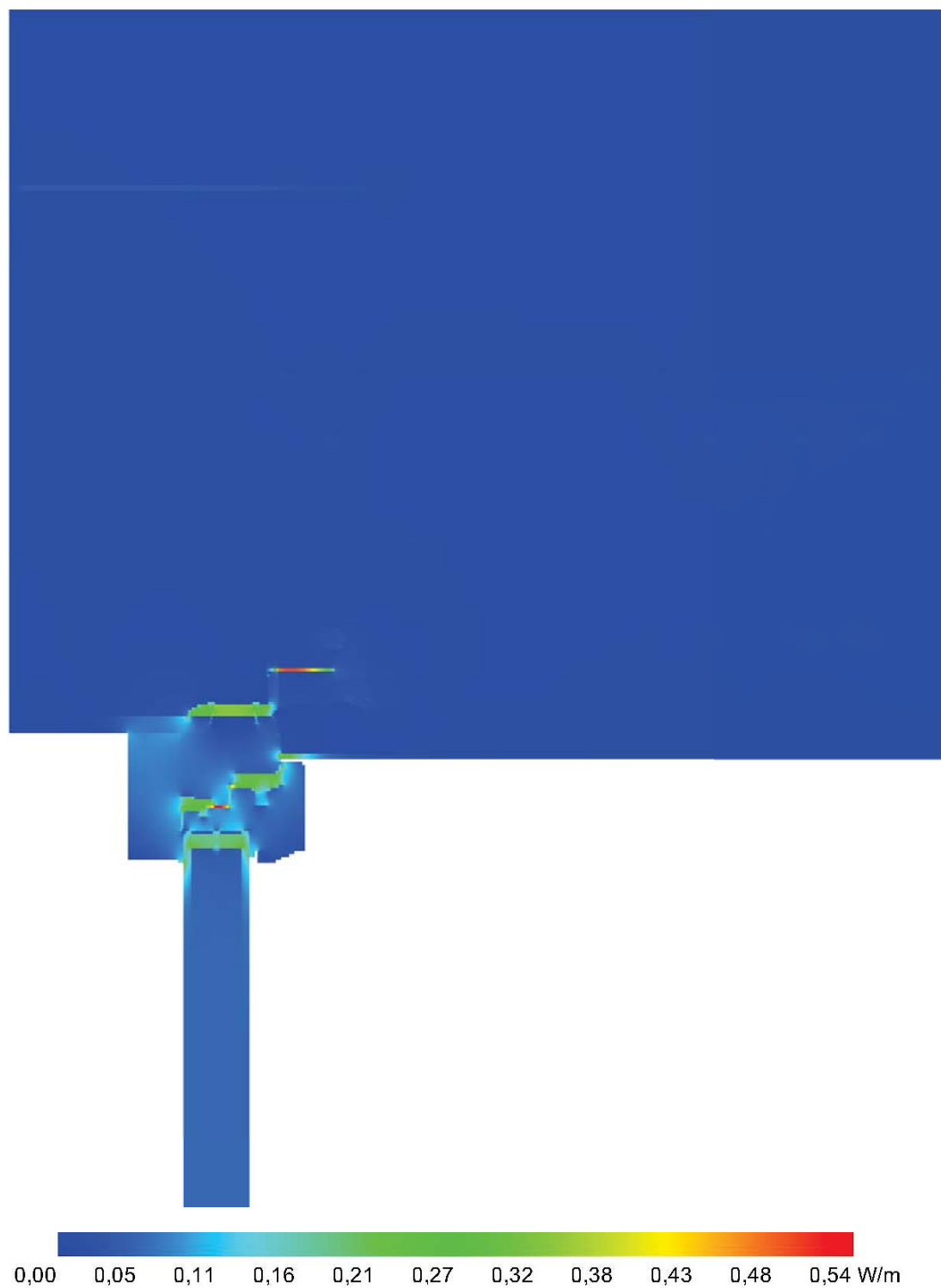


Výsledné 2D pole rozložení teplot:





Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



## Návrh detailu pasivního domu

### Lineární činitel prostupu tepla - osazení okna v místě nadpraží

2D výpočet propustnosti detailu			
U-factor	0,400	W/(m²K)	
length	966	mm	
L <sub>2D</sub>	0,3864	W/(mK)	
vlastní hodnota	L <sub>2D</sub>	W/(mK)	

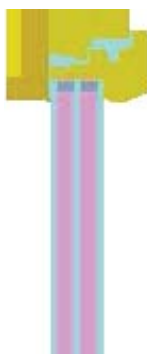
Teplotní propustnost stěny			
b <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>	vlastní U <sub>1</sub>	
[mm]	W/(m²K)	W/(m²K)	
Konstrukce č.1	1000	0,0760	

2D propustnost okna (therm)			
U-factor	0,803	W/(m²K)	
length	370	mm	
L <sub>win,2D</sub>	0,2971	W/(mK)	
vlastní hodnota	L <sub>win,2D</sub>	W/(mK)	

$$\Psi = L_{2D} - U_1 \cdot b_1 - L_{win,2D}$$

$$\Psi = 0,013 \text{ W/(m.K)}$$

Povrchové teploty	
Teplotní faktor vnitřního povrchu	
min. povrch. tepl. na kci	T <sub>si, min</sub> = 14,61 °C
min. povrch. t. na rámu	T <sub>st, min</sub> = 14,17 °C
teplota vnitřního vzduchu	T <sub>ai</sub> = 20 °C
návhová vnější teplota	T <sub>e</sub> = -15 °C
teplotní faktor	f <sub>Rsi, kce</sub> = 0,846
teplotní faktor	f <sub>Rsi, okno</sub> = 0,833



Průměrný součinitel prostupu tepla  
 Délka vložení okrajové podmínky  
 Tepelný tok vypočítaný 1D řešením  
 Tepelný tok vypočítaný 2D řešením  
 Rozdíl tepelných toků mezi 1D a 2D  
 Tepelná propustnost

PrumU = 0.803 [W/(m² K)]  
 l = 0.370 [m]  
 Q1D = 6.475 [W/m]  
 Q2D = 10.403 [W/m]  
 Q2I = 3.928 [W/m]  
 L2D = 0.297 [W/(m K)]

Teplota okrajové podmínky t = -15.000 [°C]  
 Součinitel přestupu tepla q = 23.000 [W/(m² K)]  
 Počet vložených okrajových podmínek n = 601 [ks]  
 Celková délka okrajových podmínek l = 0.966 [m]  
 Tepelný tok okrajovou podmínkou Q = 13.518 [W/m]  
 Tepelný tok okrajovou podmínkou q = 13.994 [W/m²]

Rozdíl teplot ΔT = (T<sub>i</sub> - T<sub>e</sub>) ΔT = 35.000 [K]  
 Součinitel prostupu tepla konstrukcí U = 0.500 [W/(m² K)]

Přepočítat lineární činitel prostupu tepla Ψ [W/(m K)]  
 podle normy ČSN EN ISO 10211

Zadaný součinitel prostupu tepla U = 0.500 [W/(m² K)]  
 Průměrný součinitel prostupu tepla PrumU = 0.400 [W/(m² K)]  
 Délka vložení okrajové podmínky l = 0.966 [m]  
 Tepelný tok vypočítaný 1D řešením Q1D = 16.905 [W/m]  
 Tepelný tok vypočítaný 2D řešením Q2D = 13.518 [W/m]  
 Rozdíl tepelných toků mezi 1D a 2D Q2I = -3.387 [W/m]  
 Tepelná propustnost L2D = 0.386 [W/(m K)]

1 Plošná konstrukce č.1					
Konstrukce č. Popis konstrukce					
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²K/W]				vnitřní R <sub>si</sub>	0,13
				vnější R <sub>se</sub>	0,04
Dílič plocha 1	λ [W/(mK)]	Dílič plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Dílič plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(mK)]
1. INTERIEROVÝ NÁTĚR	0,670				
2. VNITŘNÍ PODKLAD	0,480				
3. HELUZ FAMILY 2IN1	0,064				
4. POLYST. PĚN. EPS 70F	0,039				
5. DISPERZNÍ STĚRKA	0,700				
6. SILIKONOVÁ OMÍTKA	0,700				
7.					
8.					
		Podíl dílič plochy 2		Podíl dílič plochy 3	
					Celková šířka Tloušťka [mm]
					2
					14
					500
					200
					2
					2
					Celkem
					72,0 cm
Součinitel U:					0,0760 W/(m²K)

## DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLIT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 10211 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Area 2017

Název úlohy : 7. OSAZENÍ OKNA V MÍSTĚ NADPRAŽÍ

Zpracovatel : Milan Císař

Zakázka : Diplomová práce

Datum : 9.11.2017

### KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 20.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 200

Počet vodorovných os: 200

Počet prvků: 79202

Počet uzlových bodů: 40000

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	X1	X2	Y1	Y2
1	Uzavřená vzduchová mezera	0.067	0.067	81	86	60	188
2	Cihelná tvarovka Heluz překladu	0.730	0.730	52	54	95	128
3	Beton Heluz překladu	1.290	1.290	93	112	92	180
4	Polystyren pěna	0.039	0.039	132	195	53	200
5	Cemix 073 - vnitřní podklad	0.480	0.480	1	10	51	200
6	Vnitřní rám okna	0.120	0.120	109	124	42	48
7	Izolační trojsklo	0.760	0.760	178	184	1	22
8	Argonová výplň	0.030	0.030	166	178	20	22
9	Distanční rámeček Swisspacer	0.170	0.170	166	178	16	20
10	Vnější rám 1	0.160	0.160	185	190	10	53
11	Vnější rám 2	0.140	0.140	189	193	27	53
12	OSB deska	0.130	0.130	122	195	53	62
13	Kompozitní úhelník	15.0	15.0	151	159	79	84
14	Disperzní stěrka	0.700	0.700	195	196	53	200
15	PIR deska tl. 3 mm	0.020	0.020	6	124	52	75
16	PUR pěna	0.030	0.030	8	122	74	80
17	Železo stavební	58.0	58.0	100	102	105	111
18	Heluz family 2in1	0.058	0.058	8	134	193	200
19	Fasádní hmoždinka ETICS	0.230	0.230	194	195	196	199

Poznámka: LambdaX a LambdaY jsou návrhové hodnoty tepelné vodivosti materiálu ve směru osy X a Y ve W/(m.K);  
Mix a MiY jsou návrhové faktory difúzního odporu materiálu ve směru osy X a Y; X1 a X2 jsou čísla os  
ve směru osy X a Y1 a Y2 jsou čísla os ve směru osy Y vymezující zadanou oblast.

Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

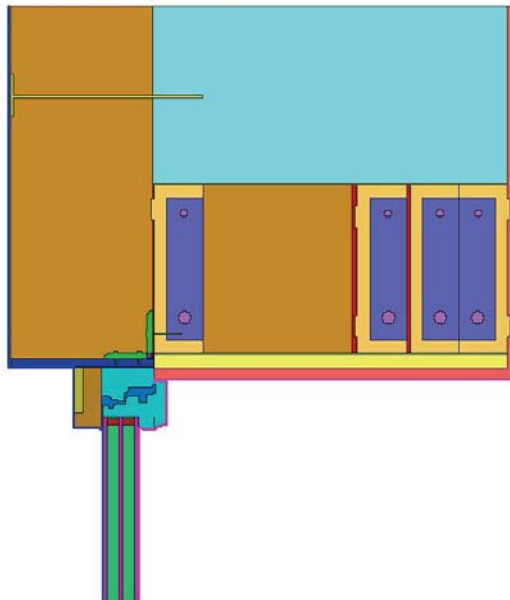
číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	RH [%]	P [kPa]	h,p [s/m]
1	52	200	20.00	0.13	50.0	1.17	10.00
2	39053	39200	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00

Poznámka: Rs je odpor při přestupu tepla na příslušném povrchu, RH je relativní vlhkost v prostředí působícím na příslušný povrch, P je částečný tlak vodní páry v prostředí působícím na daný povrch a h,p je součinitel přestupu vodní páry na příslušném povrchu.

Geometrie detailu  
a zadané podmínky:

Počet vertik. os: 200  
Počet horizont. os: 200  
Počet prvků: 79202

Teplota	Odpor Rs
≤ 0	≤ 0,05
< 0	> 0,05
> 0	≤ 0,16
> 0	0,17-0,24
> 0	> 0,25



#### VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

##### NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	20.0	0.13	50	12.89	13.52712	0.38648
2	-15.0	0.04	84	-14.98	-13.52820	0.38652

Vysvětlivky:

T zadaná teplota v daném prostředí [C]  
Rs zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]  
R.H. zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)  
Propust. L tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]  
( lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

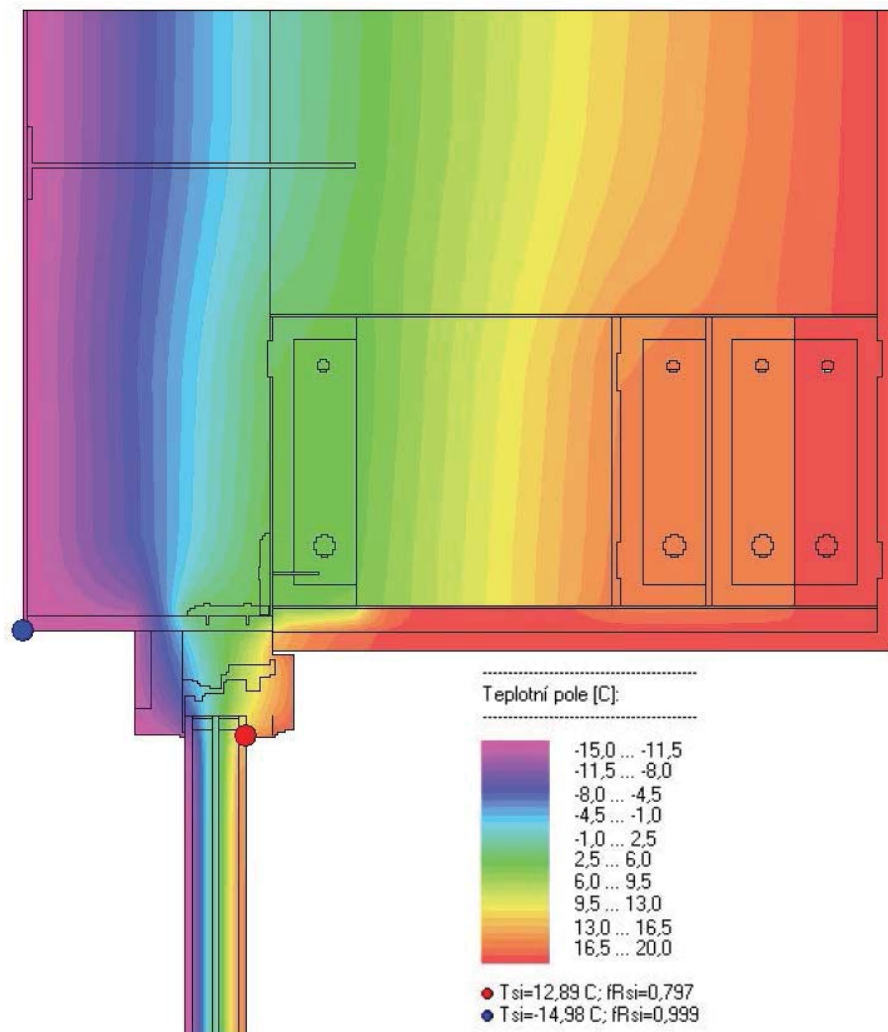
##### NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	9.26	12.89	0.797	ne	---	---
2	-16.87	-14.98	0.999	ne	---	---

Vysvětlivky:

Tw teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C  
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
f,Rsi teplotní faktor dle ČSN 730540, EN ISO 10211 a EN ISO 13788 [-]  
[rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní ( 20.0 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota Te = -15.0 C]  
KOND. označuje vznik povrchové kondenzace  
RH,max maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]  
T,min minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika povrchové kondenzace neodpovídá hodnocení podle ČSN 730540-2. Program pouze porovnává teplotu povrchu s teplotou rosného bodu v okolním prostředí.



#### ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků: -0.00108 W/m  
 Součet abs.hodnot tep.toků: 27,0553 W/m  
 Podíl: -0.00004  
 Podíl je menší než 0.001 - požadavek EN ISO 10211 je splněn.

Area 2017, (c) 2017 Svoboda Software

### Lineární činitel prostupu tepla - osazení okna v místě nadpraží

T <sub>prostoru</sub>	zadaná teplota v daném prostředí [°C]
Rs	zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m <sup>2</sup> K/W]
R <sub>H</sub>	zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]
T <sub>s,min</sub>	minimální povrchová teplota v daném prostředí [°C]
T <sub>ep,tot,Q</sub>	hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m <sup>2</sup> ] (hodnota je vztažena na 1m dělné tepelného mostu, přčemž ztráta je kladná a zisk je záporný)
Prostup L	tepelná vodivost materiálu [W/mK] (ze učební pro maximálně 2 prostředí. Pro uložení charakteristické výšky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vpořádkem prostředí. Po stránce hodnotícího výpočtu konstrukce)

## DOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLIT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 10211 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Area 2017

Název úlohy : 8. ZTUŽUJÍCÍ VĚNEC STROPU

Zpracovatel : Milan Císař

Zakázka : Diplomová práce

Datum : 10.11.2017

### KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 20.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 195

Počet vodorovných os: 200

Počet prvků: 77212

Počet uzlových bodů: 39000

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	X1	X2	Y1	Y2
1	Beton hutný	1.300	1.300	1	186	9	192
2	Cihelná tvarovka Miako stropu	0.730	0.730	79	109	8	71
3	Vzduchová mezera	0.570	0.570	77	78	124	153
4	Beton Heluz Miako stropu	1.290	1.290	51	76	28	72
5	Železo stavební	58.0	58.0	63	67	46	63
6	Polysyten pěnový EPS 70F	0.039	0.039	186	189	9	192
7	Heluz family 2in1	0.058	0.058	129	189	192	200
8	Cemix 073 - vnitřní podklad	0.480	0.480	124	130	192	200
9	Izolační pásek Isover	0.036	0.036	197	123	126	193
10	Plovoucí podlaha -dub	0.270	0.270	2	125	197	198
11	Fasádní hmoždin	0.230	0.230	191	193	194	199

Poznámka: LambdaX a LambdaY jsou návrhové hodnoty tepelné vodivosti materiálu ve směru osy X a Y ve W/(m.K);  
Mix a MiY jsou návrhové faktory difúzního odporu materiálu ve směru osy X a Y; X1 a X2 jsou čísla os  
ve směru osy X a Y1 a Y2 jsou čísla os ve směru osy Y vymezující zadanou oblast.

Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

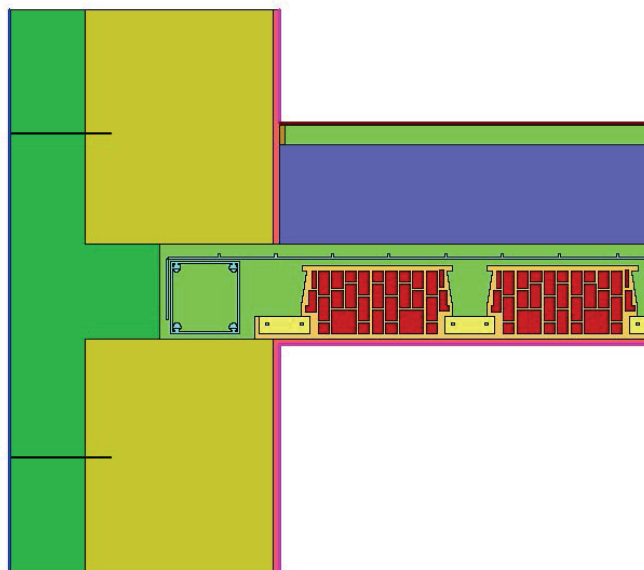
číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	RH [%]	P [kPa]	h,p [s/m]
1	24798	24800	20.00	0.13	50.0	1.17	10.00
2	6	25006	20.00	0.10	50.0	1.17	10.00
3	26266	26235	-15.00	0.04	84.0	1.17	20.00
4	26266	26235	20.00	0.17	50.0	1.17	10.00

Poznámka: Rs je odpor při přestupu tepla na příslušném povrchu, RH je relativní vlhkost v prostředí působícím  
na příslušný povrch, P je částečný tlak vodní páry v prostředí působícím na daný povrch a h,p je součinitel  
přestupu vodní páry na příslušném povrchu.

Geometrie detailu  
a zadané podmínky:

Počet vert. os: 195  
Počet horizont. os: 200  
Počet prvků: 77212

Teplota    Odpor R<sub>s</sub>  
— <= 0    <= 0,05  
— <= 0    > 0,05  
— > 0    <= 0,16  
— > 0    0,17-0,24  
— > 0    >= 0,25



## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

### NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	20.0	0.13	50	19.37	2.05604	0.05874
2	20.0	0.10	50	19.17	2.10478	0.06013
3	-15.0	0.04	84	-14.90	-4.42503	0.12643
4	20.0	0.17	50	19.58	0.26821	0.00766

Vysvětlivky:

T zadaná teplota v daném prostředí [C]  
Rs zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]  
R.H. zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)  
Propust. L tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]  
(lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

### NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

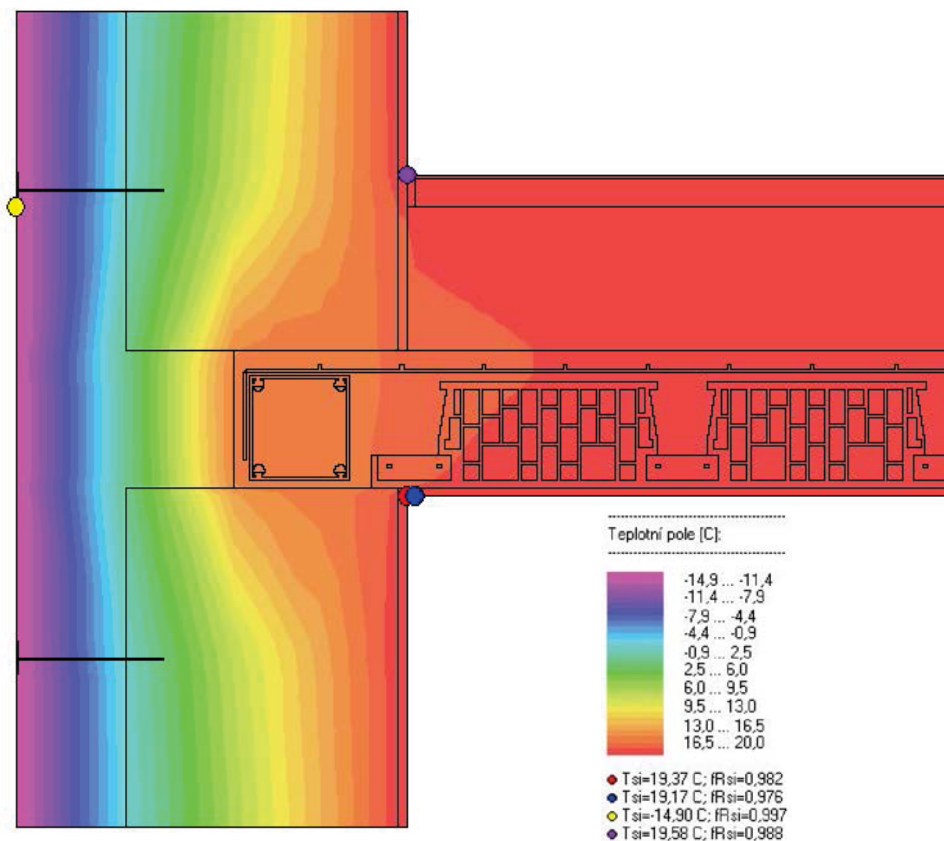
Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	9.26	19.37	0.982	ne	---	---
2	9.26	19.17	0.976	ne	---	---
3	-16.87	-14.90	0.997	ne	---	---
4	9.26	19.58	0.988	ne	---	---

Vysvětlivky:

Tw teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C  
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
f,Rsi teplotní faktor dle ČSN 730540, EN ISO 10211 a EN ISO 13788 [-]  
[rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní ( 20.0 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota Te = -15.0 C]  
KOND. označuje vznik povrchové kondenzace  
RH,max maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]  
T,min minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika povrchové kondenzace neodpovídá hodnocení podle ČSN 730540-2. Program pouze porovnává teplotu povrchu s teplotou rosného bodu v okolním prostředí.





#### ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků: 0.0040 W/m  
 Součet abs.hodnot tep.toků: 8,8554 W/m  
 Podíl: 0.0005  
 Podíl je menší než 0.001 - požadavek EN ISO 10211 je splněn.

### Lineární činitel prostupu tepla

Tepelná propustnost L : 0,1264 W/mK

Dílčí plošné konstrukce:

Součinitel prostupu tepla 0,076 Příslušná délka [m] 1,5000

Výsledný lineární činitel prostupu tepla Psi: **0,012 W/mK**

Vyhodnocení z hlediska požadavků ČSN 730540-2:

Maximální přípustný lin. činitel Psi,N: 0,20 W/mK

Hodnocený detail splňuje požadavek ČSN 730540-2.

Area 2017, (c) 2017 Svoboda Software.

# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

## podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

### 1. Identifikační údaje:

Název projektu: OBVODOVÁ STĚNA NAPOJENA NA STŘECHU

Datum: 18. srpna 2017

### 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	2 339 x 1 653 ks	Buněk s materiálem	533 882 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	2 438 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,002 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M01 - CIHEL, TVAROVKA - MIAKO		660,00	0,730	1000,00
M03 - PUR PĚNA		20,00	0,030	1400,00
M05 - BETON HELUZ - STROP		2200,00	1,300	1020,00
M13 - BETON HUTNÝ		2200,00	1,300	1020,00
M15 - VZDUCH, MEZERA - MIAKO		1,20	0,540	1010,00
M17 - MALTA VÁPENOCEMENTOVÁ		1850,00	0,970	840,00
M23 - OSB deska		580,00	0,130	2100,00
M25 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M26 - ŽELEZO STAVEBNÍ		7850,00	58,000	440,00
M33 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M38 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M39 - FASÁDNÍ HMOŽDÍNKY ETICS		920,00	0,230	1470,00
M41 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M42 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M44 - MINERÁLNÍ VLNA (la=0,039)		12,00	0,039	840,00
M47 - DŘEVO MĚKKÉ (KOLMO K VLÁKNŮM)		400,00	0,180	2510,00
M50 - ASFALTOVÝ PÁS		1400,00	0,210	1470,00
M53 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^\circ\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		0,744	20,000	8,000
P08 - Interiér - Strop ( $t = 20^\circ\text{C}$ , $\alpha = 10$ )		0,996	20,000	10,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^\circ\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		3,444	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

### 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,738^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 7,94\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,986^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,74^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -7,94\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,99^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$
Kritérium konvergence	$7\text{E}-005 < 0,020$	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00\ \text{W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$3\text{E}-004 < 0,001$	Počet řešených rovnic	533 882 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

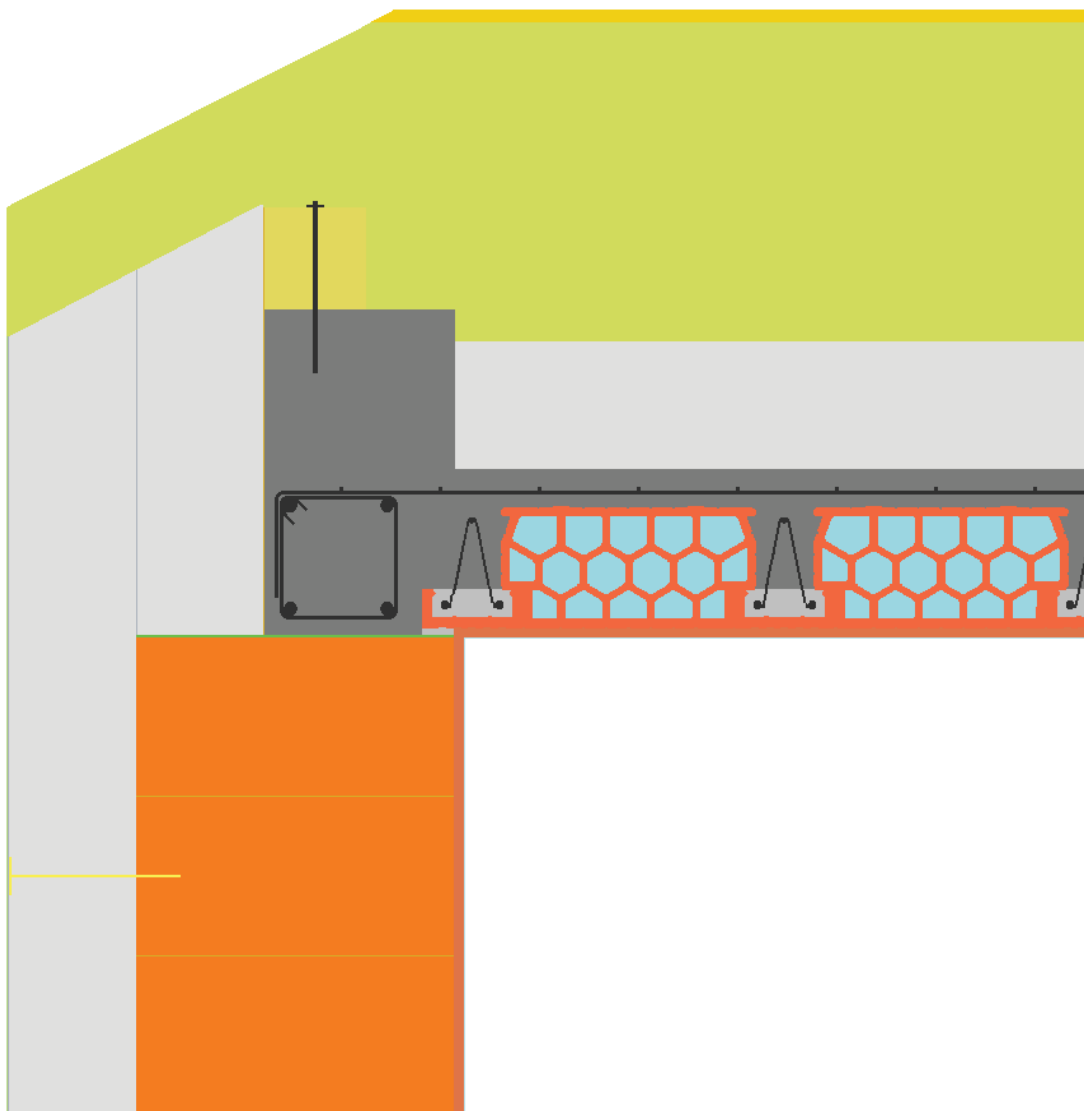
**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergován podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max}\ [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min}\ [^{\circ}\text{C}]$
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		2,053	2,759	19,742	18,411
P08 - Interiér - Strop ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 10$ )		5,887	5,911	19,695	18,273
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-7,935	-2,304	-14,816	-14,991

#### 4. Grafický výstup:

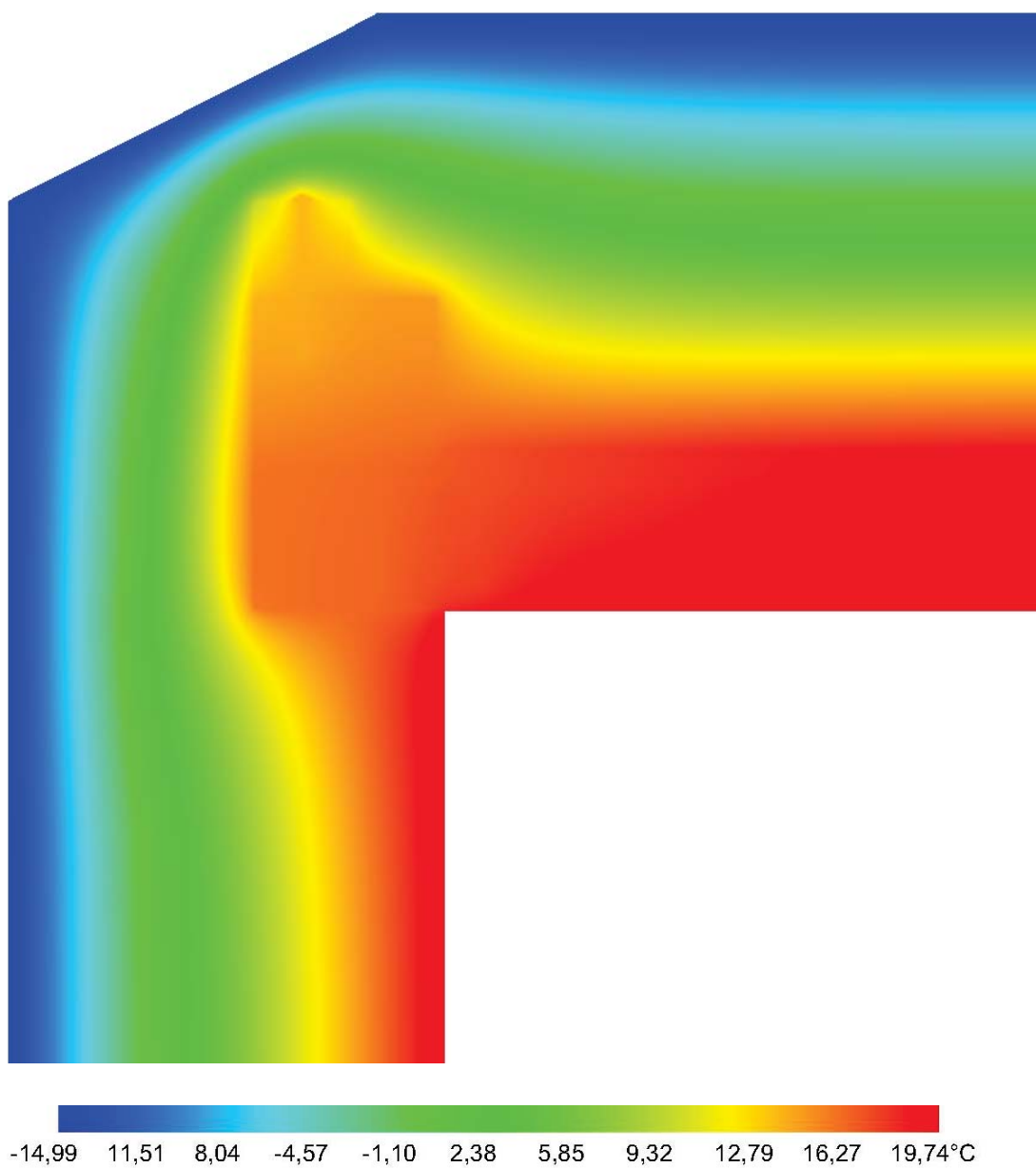
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



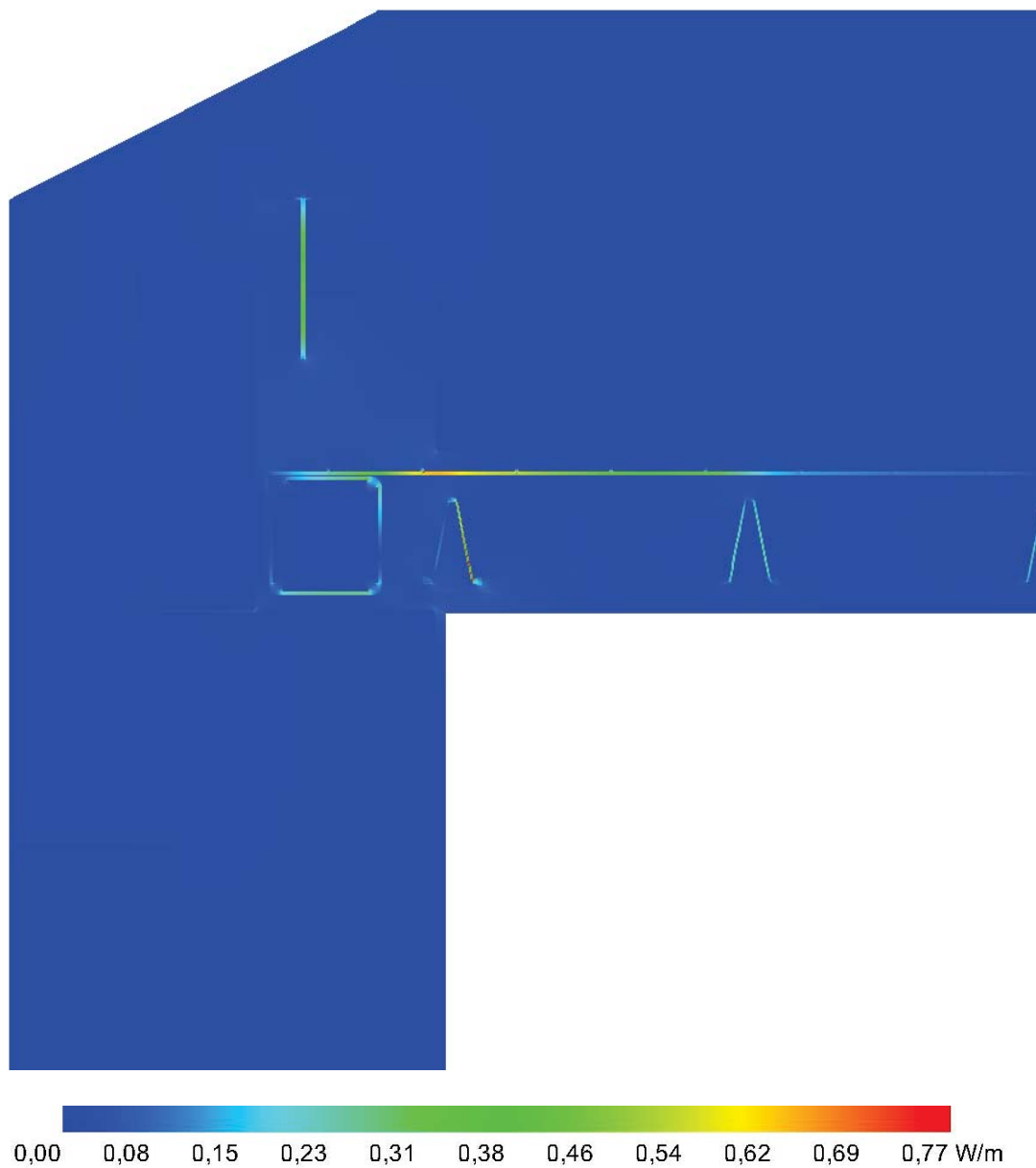
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



## Návrh pasivního domu

### Lineární činitel prostupu tepla - napojení obvodové stěny na střechu

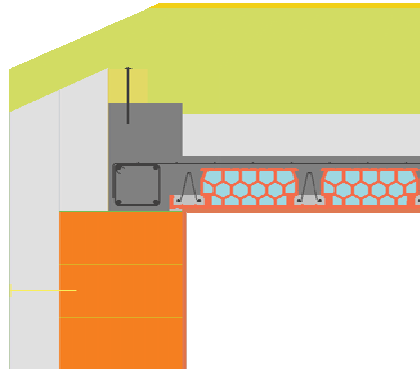
<b>2D výpočet propustnosti detailu (therm)</b>	
U-factor	0,066 W/(m²K)
length	3445 mm
L2D	0,227 W/(mK)

Průměrný součinitel prostupu tepla  
 Délka vložení okrajových podmínky  
 Tepelný tok vypočítaný 1D řešením  
 Tepelný tok vypočítaný 2D řešením  
 Podíl tepelných toků mezi 1D a 2D  
 Tepelná propustnost

PrůmU= 0,066 [W/(m²K)]  
 l= 3444 [m]  
 Q1D= 7,835 [W/m]  
 Q2D= 7,935 [W/m]  
 Q2I= 0,100 [W/m]  
 L2D= 0,227 [W/(mK)]

<b>Tepelná propustnost stěny</b>	
b <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>
[mm]	W/(m²K)
Konstrukce č. 1	1000 0,076

<b>Tepelná propustnost střechy</b>	
b <sub>2</sub>	U <sub>2</sub>
[mm]	W/(m²K)
Konstrukce č. 2	2445 0,054



$$\Psi = L_{2D} - U_1 \cdot b_1 - U_2 \cdot b_2$$

$$\Psi = 0,020 \text{ W/(mK)}$$

1 Plošná konstrukce č.1					
Konstrukce č. Popis konstrukce					
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²K/W]				vnitřní R <sub>si</sub> :	0,13
				vnější R <sub>se</sub> :	0,04
Dílič plocha 1	λ [W/(mK)]	Dílič plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Dílič plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(mK)]
1. INTERIÉROVÝ NÁTĚR	0,670				
2. VNITŘNÍ PODKLAD	0,480				
3. HELUZ FAMILY 2IN1	0,064				
4. POLYST. PĚN. EPS 70F	0,039				
5. DISPERZNÍ STĚRKA	0,700				
6. SILIKONOVÁ OMÍTKA	0,700				
7.					
8.					
		Podíl dílič plochy 2	Podíl dílič plochy 3		
Celková šířka Tloušťka [mm]					
2					
14					
500					
200					
2					
2					
Celkem					
72,0 cm					
Součinitel U:				0,0760 W/(m²K)	

2 Plošná konstrukce č.2					
Konstrukce č. Popis konstrukce					
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²K/W]				vnitřní R <sub>si</sub> :	0,10
				vnější R <sub>se</sub> :	0,04
Dílič plocha 1	λ [W/(mK)]	Dílič plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Dílič plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(mK)]
1. INTERIÉROVÝ NÁTĚR	0,670				
2. VNITŘNÍ PODKLAD	0,480				
3. MIAKO STROP	0,862				
4. POLYST. PĚN. EPS 70F	0,039				
5. MINERÁLNÍ VLNA	0,039				
6. OSB DESKA	0,130				
7.					
8.					
		Podíl dílič plochy 2	Podíl dílič plochy 3		
Celková šířka Tloušťka [mm]					
2					
14					
250					
200					
500					
20					
Celkem					
98,6 cm					
Součinitel U:				0,054 W/(m²K)	



# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

## podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

### 1. Identifikační údaje:

Název projektu: ZTUŽUJÍCÍ VĚNEC TVOŘÍCÍ NADPRAŽÍ (STROP 1. NP)

Datum: 28. srpna 2017

### 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	2 339 x 1 653 ks	Buněk s materiálem	328 794 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	1 723 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,002 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M04 - CIHEL. TVAROVKA - MIAKO		660,00	0,730	1000,00
M06 - PUR PĚNA		20,00	0,030	1400,00
M08 - BETON HELUZ - STROP		2200,00	1,300	1020,00
M13 - ANHYDRIT		2100,00	1,200	850,00
M16 - BETON HUTNÝ		2200,00	1,300	1020,00
M18 - VZDUCH. MEZERA - MIAKO		1,20	0,540	1010,00
M20 - MALTA VÁPENOCEMENTOVÁ		1850,00	0,970	840,00
M28 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M29 - ŽELEZO STAVEBNÍ		7850,00	58,000	440,00
M36 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M39 - IZOL. PÁSEK ISOVER N/PP		23,00	0,036	1270,00
M40 - SEPARAČNÍ FÓLIE		1100,00	0,370	1430,00
M41 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M42 - FASÁDNÍ HMOŽDÍNKY ETICS		920,00	0,230	1470,00
M44 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M45 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M51 - POLYST. PĚN. EPS 100S (la=0,037)		18,00	0,037	1270,00
M53 - ASFALTOVÝ PÁS		1400,00	0,210	1470,00
M54 - MIRELON (2 MM)		25,00	0,046	1270,00
M56 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00
M61 - PLOVOUCÍ PODLAHA - DUB		550,00	0,270	2000,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P06 - Interiér - Podlaha ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 6$ )		0,990	20,000	6,000
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		0,426	20,000	8,000
P08 - Interiér - Strop ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 10$ )		1,012	20,000	10,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		1,020	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

### 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,994^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 3,01\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,884^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,99^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -3,01\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,89^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$
Kritérium konvergence	$4\text{E}-003 < 0,020$	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00\ \text{W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$1\text{E}-004 < 0,001$	Počet řešených rovnic	328 794 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

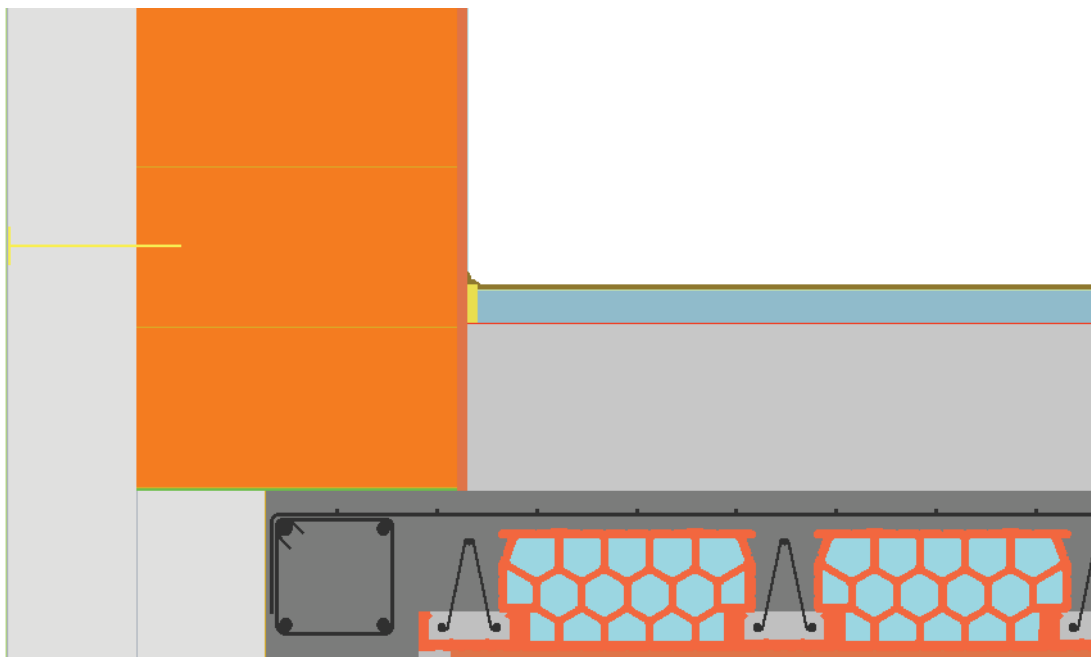
**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1‰. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max}\ [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min}\ [^{\circ}\text{C}]$
P06 - Interiér - Podlaha ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 6$ )		0,258	0,261	19,994	19,604
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		1,045	2,453	19,711	19,585
P08 - Interiér - Strop ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 10$ )		1,708	1,687	19,943	19,201
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-3,011	-2,952	-14,812	-14,887

### 4. Grafický výstup:

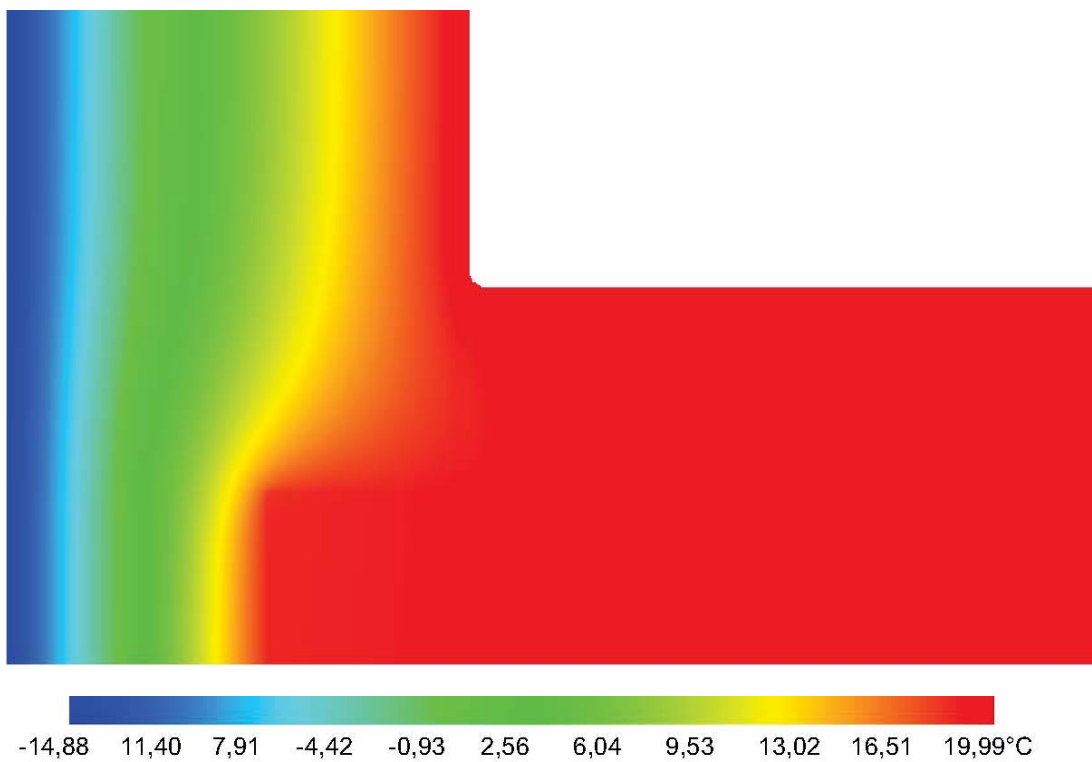
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



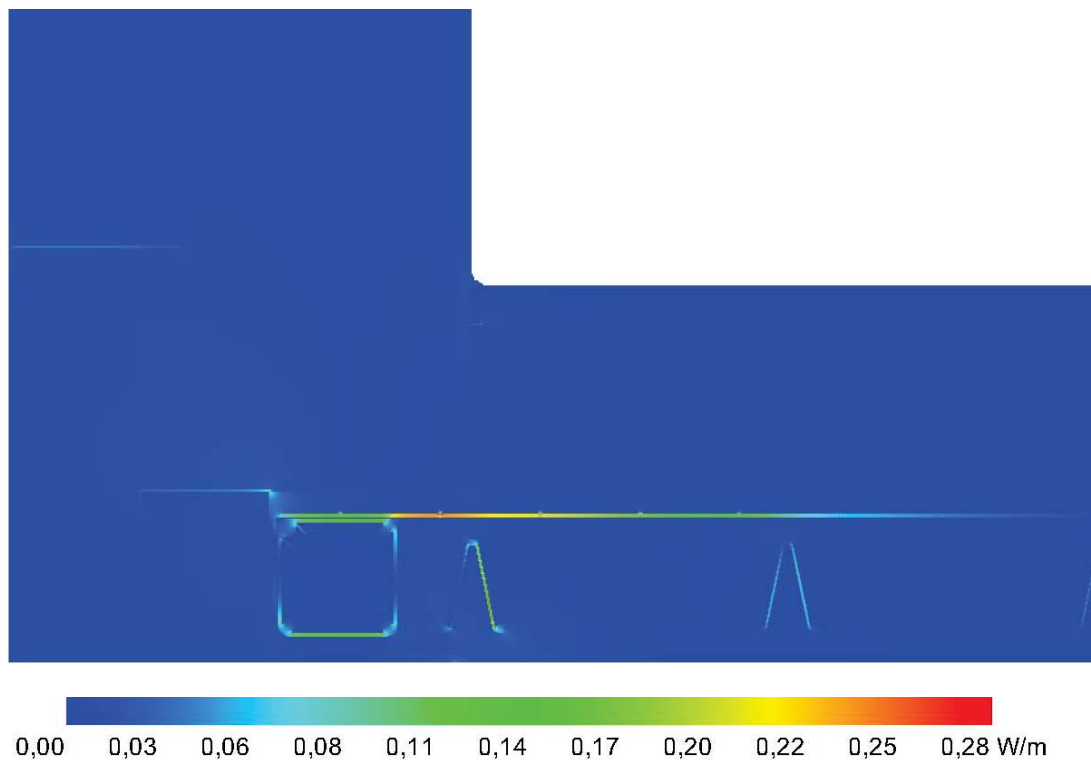
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



Výsledný lineární činitel prostupu tepla:

Teplota okrajové podmínky	$t =$	- 15,000 [°C]
Součinitel přestupu tepla	$\alpha =$	23,000 [W/(m²·K)]
Počet vložených okrajových podmínek	$n =$	510 [ks]
Celková délka okrajové podmínky	$l =$	1,020 [m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$Q =$	- 3,011 [W/m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$q =$	- 2,952 [W/m²]

Rozdíl teplot $\Delta T = (T_i - T_e)$	$\Delta T =$	35,000 $\frac{K}{m^2}$ [K]
Součinitel prostupu tepla konstrukcí	$U =$	0,076 $\frac{K}{m^2}$ [W/(m²·K)]

Přepočítat lineární činitel prostupu tepla $\Psi$ [W/(m·K)] podle normy ČSN EN ISO 10211		
---	--	--

Zadaný součinitel prostupu tepla konstrukcí	$U =$	0,076 [W/(m²·K)]
Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí	$PrumU =$	0,084 [W/(m²·K)]
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	1,020 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q_{1D} =$	2,713 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q_{2D} =$	3,011 [W/m]
Rodil tepelných toků mezi 1D a 2D řešením	$Q_{21} =$	0,298 [W/m]
Tepelná propustnost	$L_{2D} =$	0,086 [W/(m·K)]
Lineární činitel prostupu tepla	$\Psi =$	0,009 [W/(m·K)]

# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

## podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

### 1. Identifikační údaje:

Název projektu: ZTUŽUJÍCÍ VĚNEC TVOŘÍCÍ NADPRAŽÍ (STŘECHA)

Datum: 29. srpna 2017

### 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	2 339 x 1 653 ks	Buněk s materiálem	396 661 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	1 698 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,002 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M04 - CIHEL. TVAROVKA - MIAKO		660,00	0,730	1000,00
M06 - PUR PĚNA		20,00	0,030	1400,00
M08 - BETON HELUZ - STROP		2200,00	1,300	1020,00
M16 - BETZON HUTNÝ		2200,00	1,300	1020,00
M18 - VZDUCH. MEZERA - MIAKO		1,20	0,540	1010,00
M20 - MALTA VÁPENOCEMENTOVÁ		1850,00	0,970	840,00
M26 - OSB deska		580,00	0,130	2100,00
M28 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M29 - ŽELEZO STAVEBNÍ		7850,00	58,000	440,00
M36 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M41 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M45 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M47 - MINERÁLNÍ VLNA (la=0,039)		12,00	0,039	840,00
M50 - DŘEVO MĚKKÉ (KOLMO K VLÁKNŮM)		400,00	0,180	2510,00
M56 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P08 - Interiér - Strop ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 10$ )		1,012	20,000	10,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		2,692	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

### 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,706^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 5,90\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,987^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,71^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -5,90\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,99^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$



Kritérium konvergence	4E-003 < 0,020	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00 \text{ W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	8E-005 < 0,001	Počet řešených rovnic	396 661 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

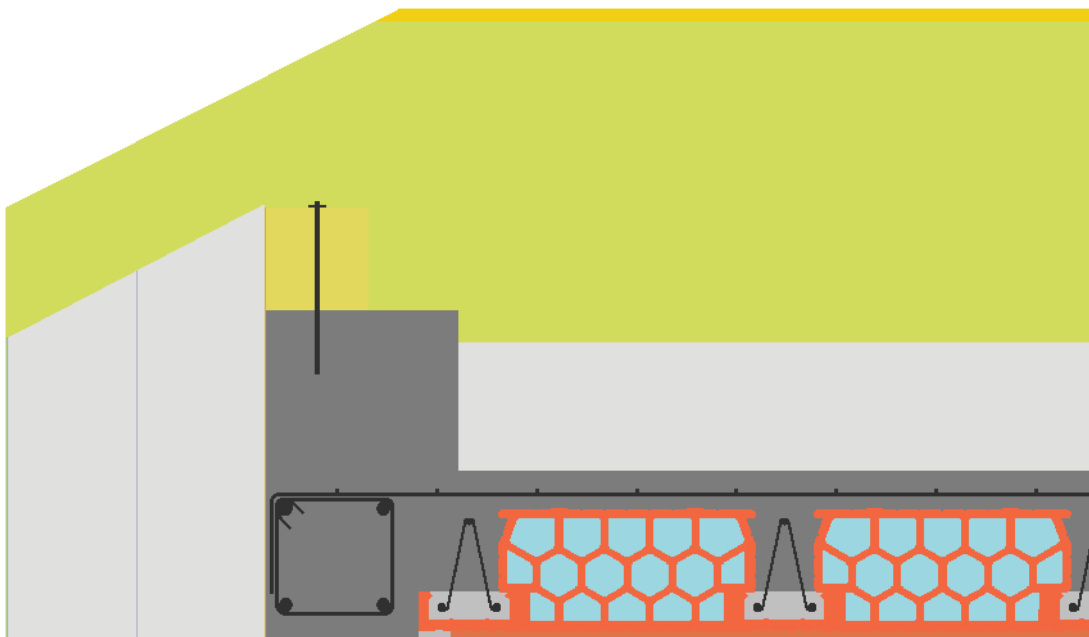
**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1‰. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max} [^\circ\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min} [^\circ\text{C}]$
P08 - Interiér - Strop ( $t = 20^\circ\text{C}$ , $\alpha = 10$ )		5,903	5,833	19,710	17,782
P10 - Exteriér ( $t = -15^\circ\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-5,904	-2,193	-14,846	-14,992

#### 4. Grafický výstup:

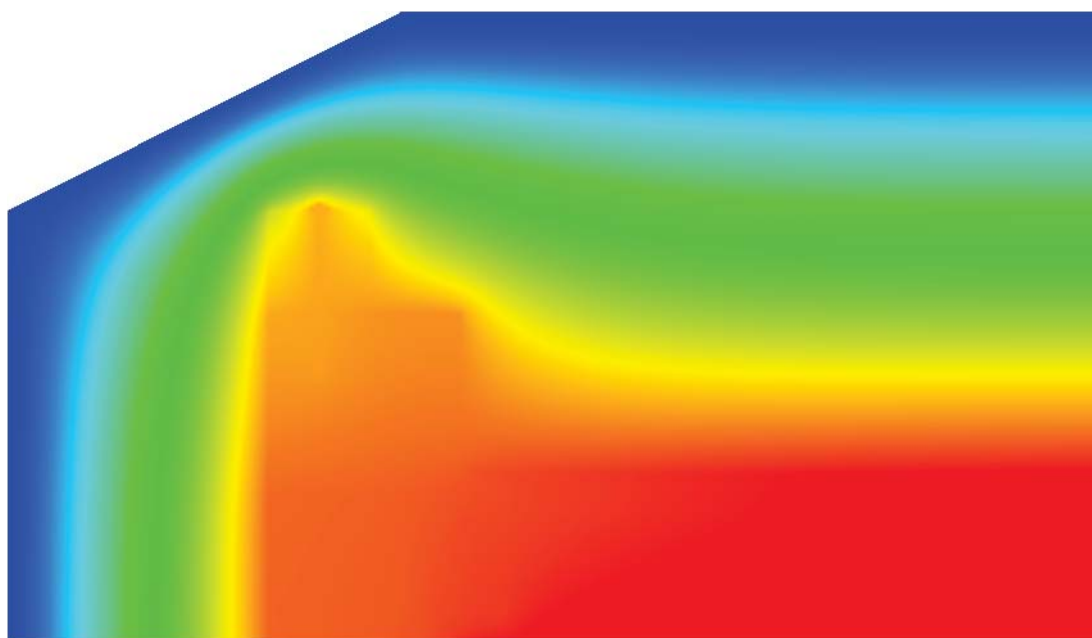
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



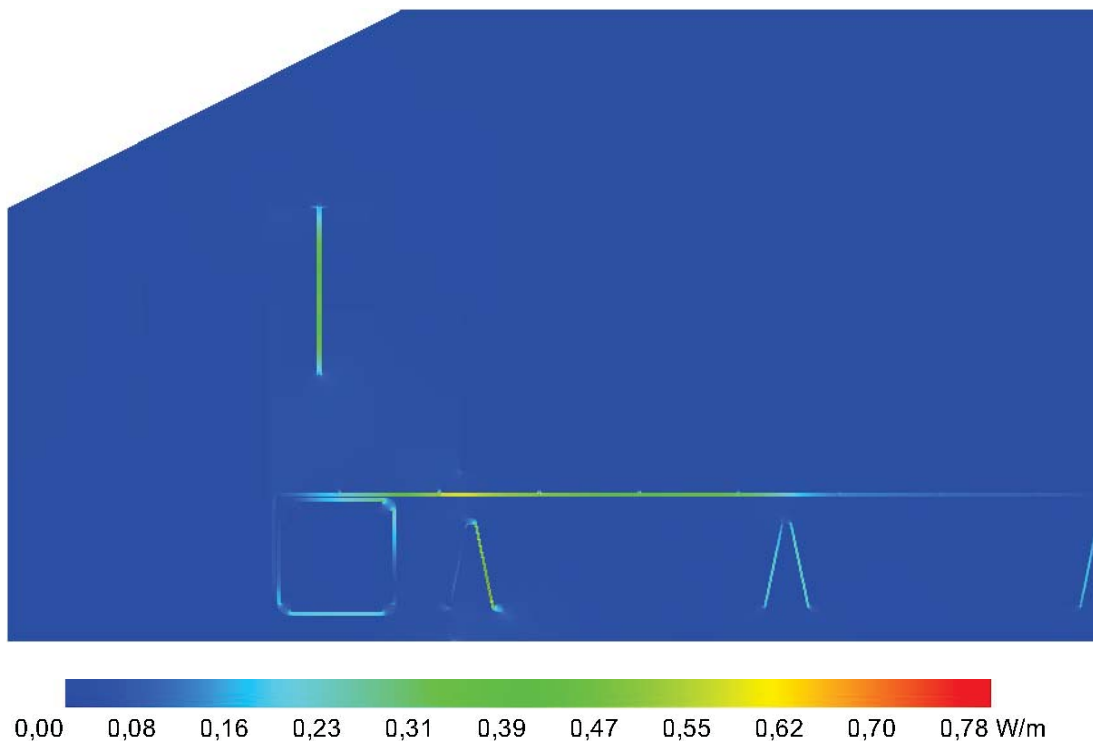
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



Výsledný lineární činitel prostupu tepla:

Teplota okrajové podmínky	$t =$	- 15,000 [°C]
Součinitel přestupu tepla	$\alpha =$	23,000 [W/(m²·K)]
Počet vložených okrajových podmínek	$n =$	1 346 [ks]
Celková délka okrajové podmínky	$l =$	2,692 [m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$Q =$	- 5,904 [W/m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$q =$	- 2,193 [W/m²]

Rozdíl teplot $\Delta T = (T_i - T_e)$	$\Delta T =$	35,000 [K]
Součinitel prostupu tepla konstrukcí	$U =$	0,065 [W/(m²·K)]

Přepočítat lineární činitel prostupu tepla $\psi$ [W/(m·K)] podle normy ČSN EN ISO 10211		
---	--	--

Zadaný součinitel prostupu tepla konstrukcí	$U =$	0,065 [W/(m²·K)]
Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí	$PrumU =$	0,063 [W/(m²·K)]
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	2,692 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	6,124 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	5,904 [W/m]
Rozdíl tepelných toků mezi 1D a 2D řešením	$Q21 =$	- 0,220 [W/m]
Tepelná propustnost	$L2D =$	0,169 [W/(m·K)]
Lineární činitel prostupu tepla	$\psi =$	- 0,006 [W/(m·K)]



# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

## 1. Identifikační údaje:

Název projektu: NADPRAŽÍ OKEN (STŘECHA)

Datum: 30. srpna 2017

## 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	9 356 x 1 653 ks	Buněk s materiálem	214 300 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	3 728 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,002 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M01 - CIHEL. TVAROVKA - PŘEKŁAD		660,00	0,730	1000,00
M02 - PUR PĚNA		20,00	0,030	1400,00
M03 - BETON HELUZ PŘEKŁADU		2200,00	1,290	1020,00
M05 - PIR DESKA TL. 30 MM		32,00	0,020	1400,00
M06 - ARGONOVÁ VÝPLŇ		1,70	0,030	520,00
M07 - SKLO - IZOLAČNÍ TROSJSKLO		2600,00	0,760	840,00
M08 - VNITŘNÍ RÁM		400,00	0,120	2510,00
M10 - VNĚJŠÍ RÁM 1		600,00	0,160	2510,00
M14 - VZDUCH. MEZERA DO VÝPLNÍ		1,20	0,160	1010,00
M21 - KOMPOZITNÍ ÚHELNÍK		7850,00	15,000	440,00
M22 - OSB deska		580,00	0,130	2100,00
M24 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKŁAD		1500,00	0,480	840,00
M25 - ŽELEZO STAVEBNÍ		7850,00	58,000	440,00
M32 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M33 - DISTANČNÍ RÁMEČEK - SWISSSPACER		1300,00	0,170	1000,00
M34 - VNĚJŠÍ RÁM 2		700,00	0,140	2510,00
M37 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M41 - POLYST. PĚN. EPS 70F (1a=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M52 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		1,166	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		0,718	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

## 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,983^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 12,79\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,980^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,98^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -12,79\ \text{W/m}$

# Protokol CalA 2010



Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,98^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr out} = 0,00 \text{ W}$
Kritérium konvergence	$7\text{E}-004 < 0,020$	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00 \text{ W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$8\text{E}-005 < 0,001$	Počet řešených rovnic	214 300 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

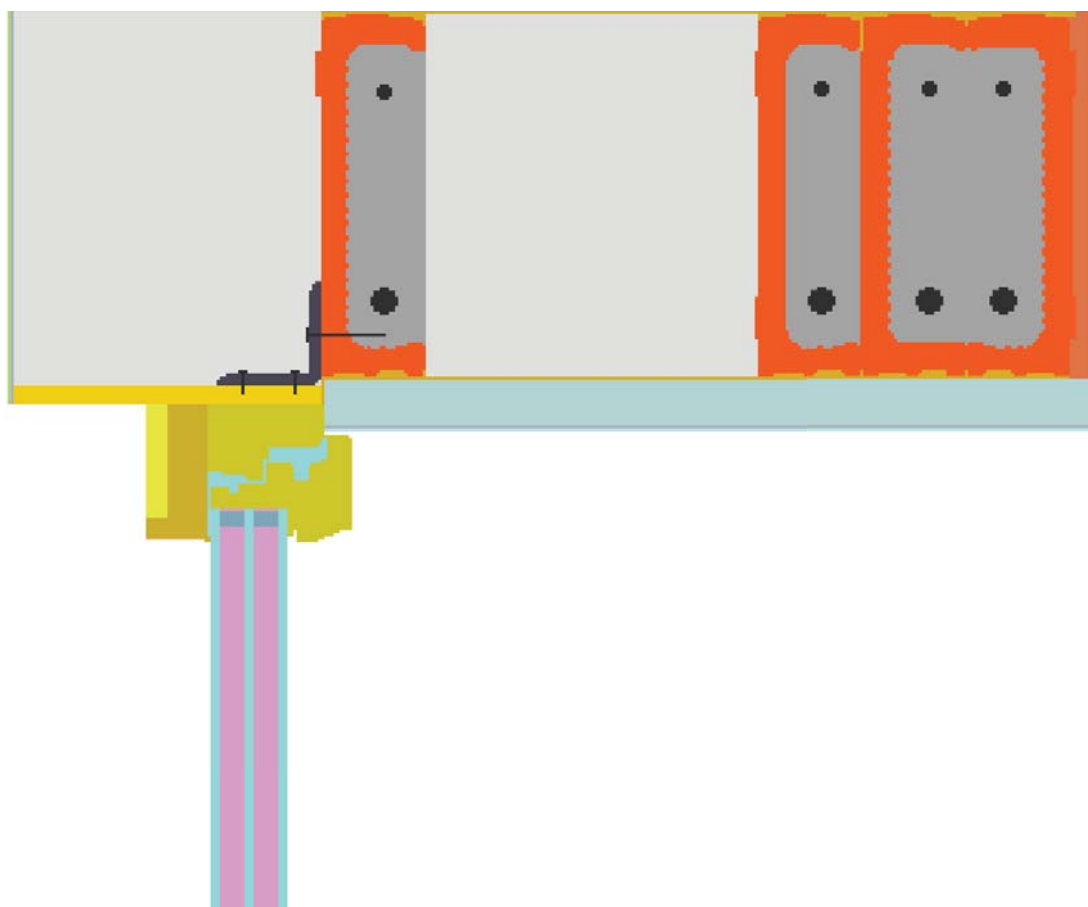
**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max} [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min} [^{\circ}\text{C}]$
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		12,788	10,968	19,983	13,472
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-12,786	-17,808	-11,615	-14,982

## 4. Grafický výstup:

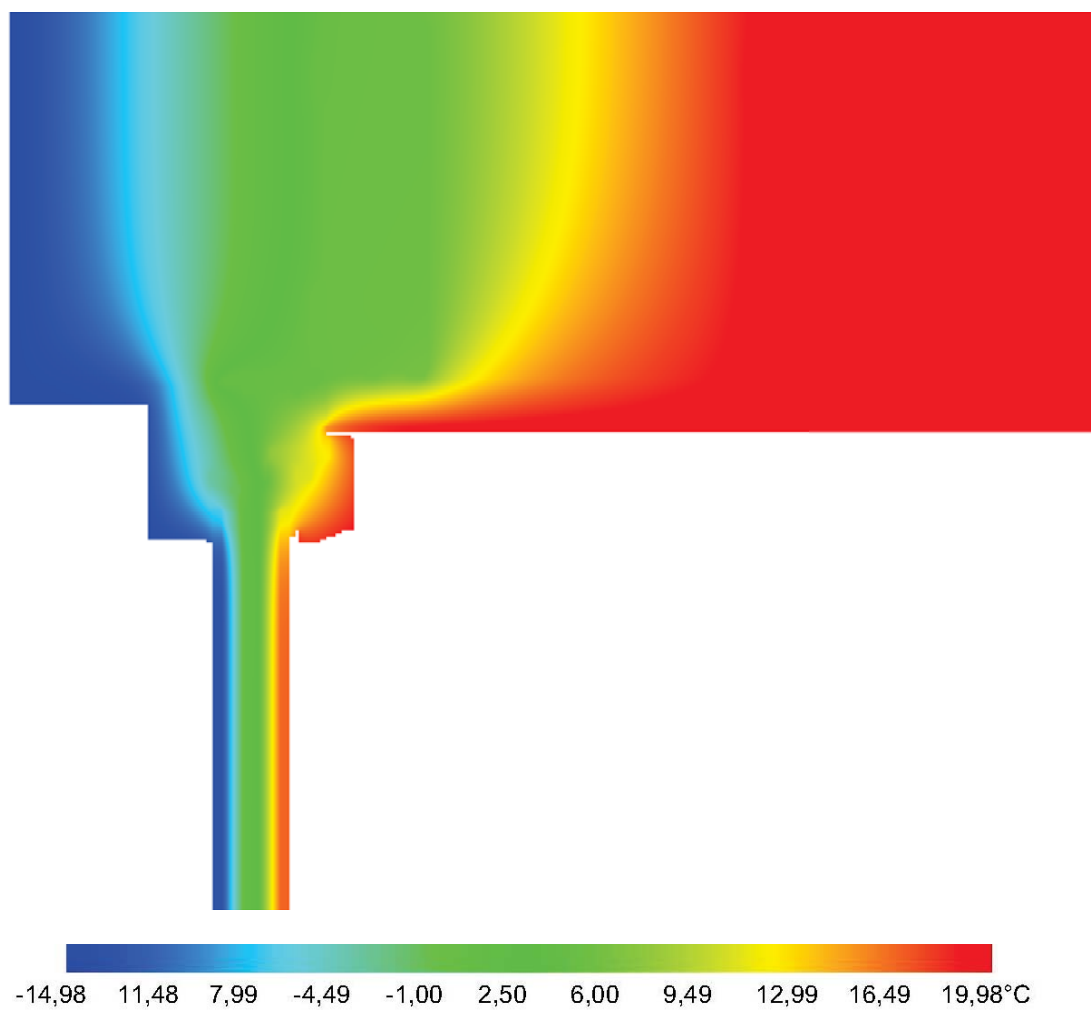
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



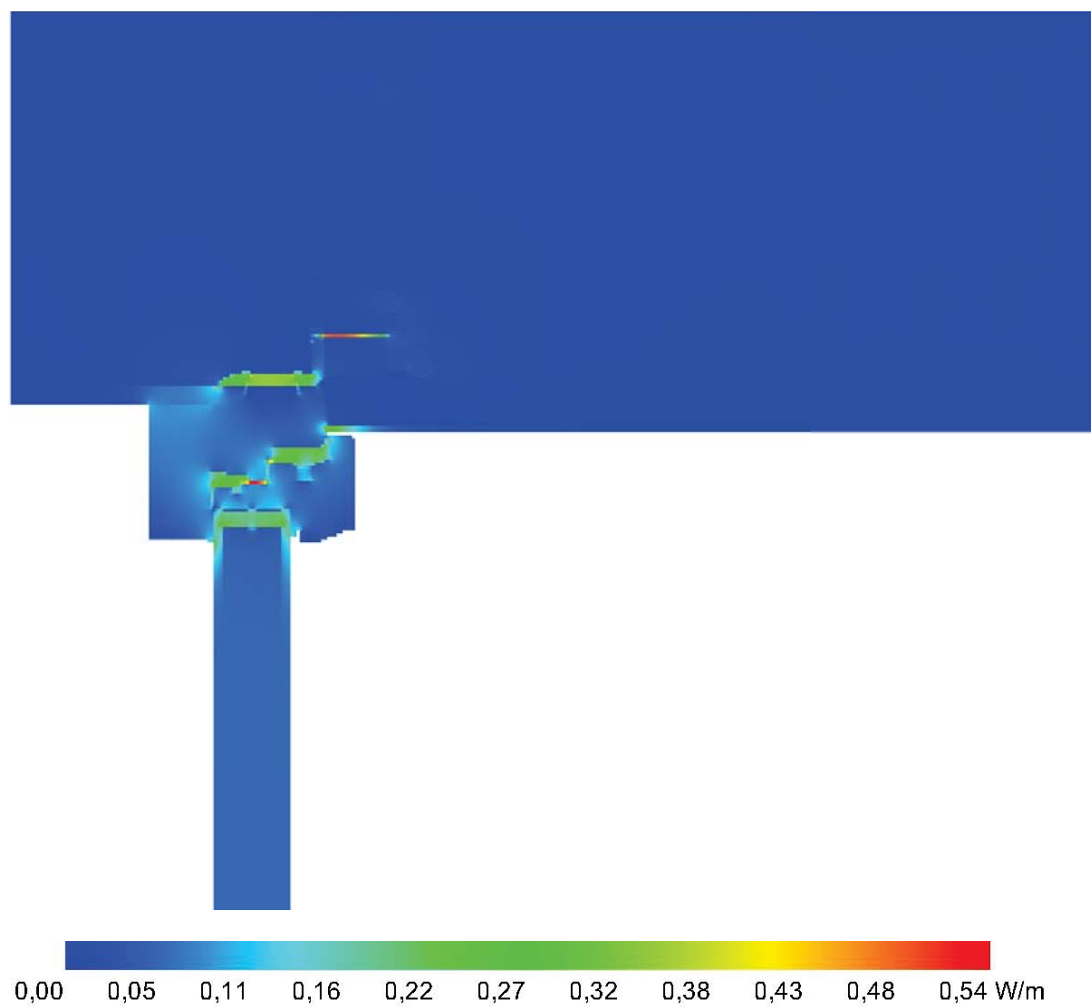
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



## Návrh pasivního domu

### Lineární činitel prostupu tepla - osazení okna v místě nadpraží

2D výpočet propustnosti detailu	
U-factor	0,469 W/(m²K)
length	718 mm
L <sub>2D</sub>	0,336 W/(mK)

Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí	PrumU =	0,469 [W/(m² K)]
Délka vložené okrajové podmínky	l =	0,718 [m]
Teplotní tok vypočítaný 1D řešením	Q1D =	13,642 [W/m]
Teplotní tok vypočítaný 2D řešením	Q2D =	12,786 [W/m]
Rodí tepelných toků mezi 1D a 2D řešením	Q21 =	- 0,856 [W/m]
Tepelná propustnost	L2D =	0,336 [W/(m K)]

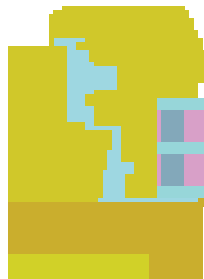
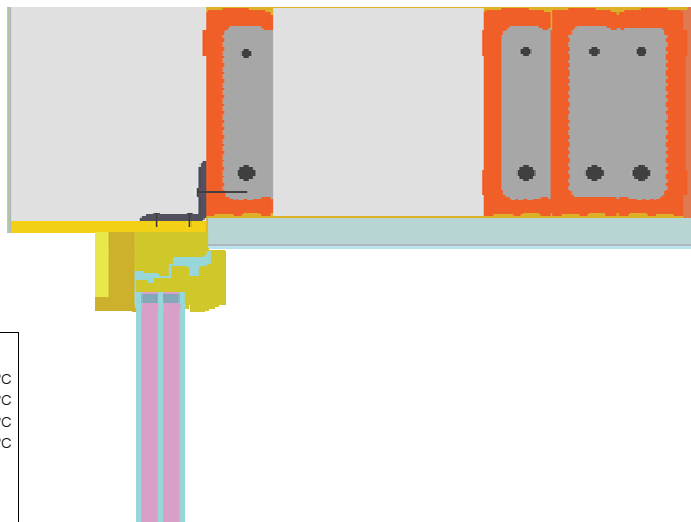
Tepelná propustnost stěny	
b <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>
[mm]	W/(m²K)
Konstrukce č. 1	250 0,0931

2D propustnost okna	
U-factor	0,803 W/(m²K)
length	370 mm
L <sub>win,2D</sub>	0,297 W/(mK)

$$\Psi = L_{2D} - U_1 \cdot b_1 - L_{win,2D}$$

$$\Psi = 0,016 \text{ W/(m.K)}$$

Povrchové teploty	
Teplotní faktor vnitřního povrchu	
min. povrch. tepl. na kci	T <sub>si, min</sub> = 14,78 °C
min. povrch. tepl. na rámu	T <sub>si, min</sub> = 13,12 °C
teplota vnitřního vzduchu	T <sub>ai</sub> = 20 °C
návhová vnější teplota	T <sub>e</sub> = -15 °C
teplotní faktor	f <sub>Rsi,kce</sub> = 0,851
teplotní faktor	f <sub>Rsi,okno</sub> = 0,803



Průměrný součinitel prostupu tepla	PrumU =	0,803 [W/(m² K)]
Délka vložené okrajové podmínky	l =	0,370 [m]
Teplotní tok vypočítaný 1D řešením	Q1D =	6,475 [W/m]
Teplotní tok vypočítaný 2D řešením	Q2D =	10,401 [W/m]
Rodí tepelných toků mezi 1D a 2D	Q21 =	3,926 [W/m]
Tepelná propustnost	L2D =	0,297 [W/(m K)]

1 Plošná konstrukce č. 1						
Konstrukce č. Popis konstrukce						
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²K/W]			vnitřní R <sub>si</sub> :		0,13	
			vnější R <sub>se</sub> :		0,04	
Díličí plocha 1	λ [W/(mK)]	Díličí plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Díličí plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Celková šířka tloušťka [mm]
1. INTERIÉROVÝ NÁTĚR	0,670					2
2. VNITŘNÍ PODKLAD	0,480					14
3. PŘEKLAD HELUZ (3X)	1,000					210
4. POLYST. PĚN. EPS 70F	0,039					200
5. PŘEKLAD HELUZ (1X)	1,000					70
6. POLYST. PĚN. EPS 70F	0,039					200
7. DISPERZNÍ STĚRKA	0,700					2
8. SILIKONOVÁ OMÍTKA	0,700					2
		Podíl díličí plochy 2			Podíl díličí plochy 3	
						Celkem
						70,0 cm
Součinitel U:					0,093 W/(m²K)	

# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

## podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

### 1. Identifikační údaje:

Název projektu: NAPOJENÍ VNITŘNÍ NOSNÉ STĚNY NA STĚNU OBVODOVOU

Datum: 10. srpna 2017

### 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	2 000 x 1 000 ks	Buněk s materiálem	523 164 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	4 020 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,003 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M16 - HELUZ UNI 30 BROUŠENÁ		710,00	0,180	1000,00
M25 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M33 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M38 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M39 - FASÁDNÍ HMOŽDÍNKÁ ETICS		920,00	0,230	1470,00
M41 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M42 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M53 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^\circ\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		3,130	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^\circ\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		1,900	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

### 3. Výsledky:



Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,999^\circ\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 4,79\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,891^\circ\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 20,00^\circ\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -4,79\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,90^\circ\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$
Kritérium konvergence	$5\text{E-}003 < 0,020$	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00\ \text{W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$2\text{E-}004 < 0,001$	Počet řešených rovnic	523 164 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

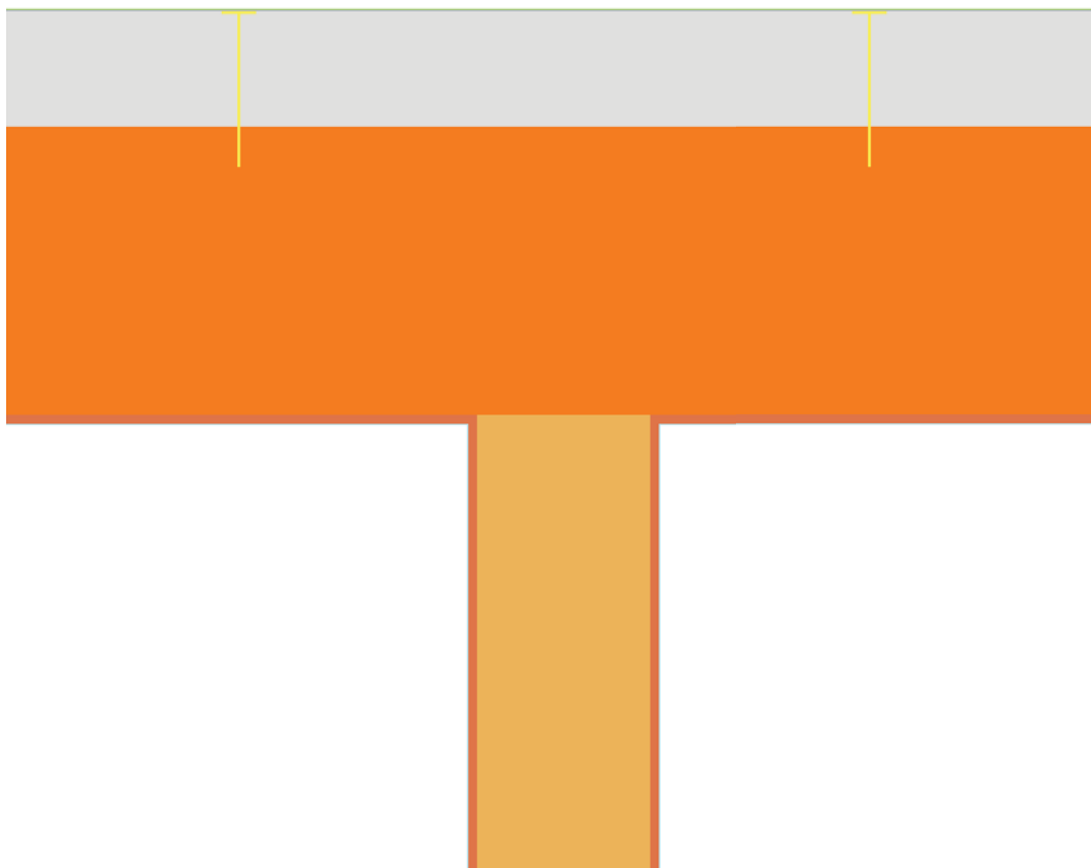
**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1‰. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr}$ [W/m]	Tepelný tok $Q_{okr}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Max. povrchová teplota $T_{max}$ [°C]	Min. povrchová teplota $T_{min}$ [°C]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		4,792	1,531	19,999	19,527
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-4,794	-2,523	-14,824	-14,896

#### 4. Grafický výstup:

Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:

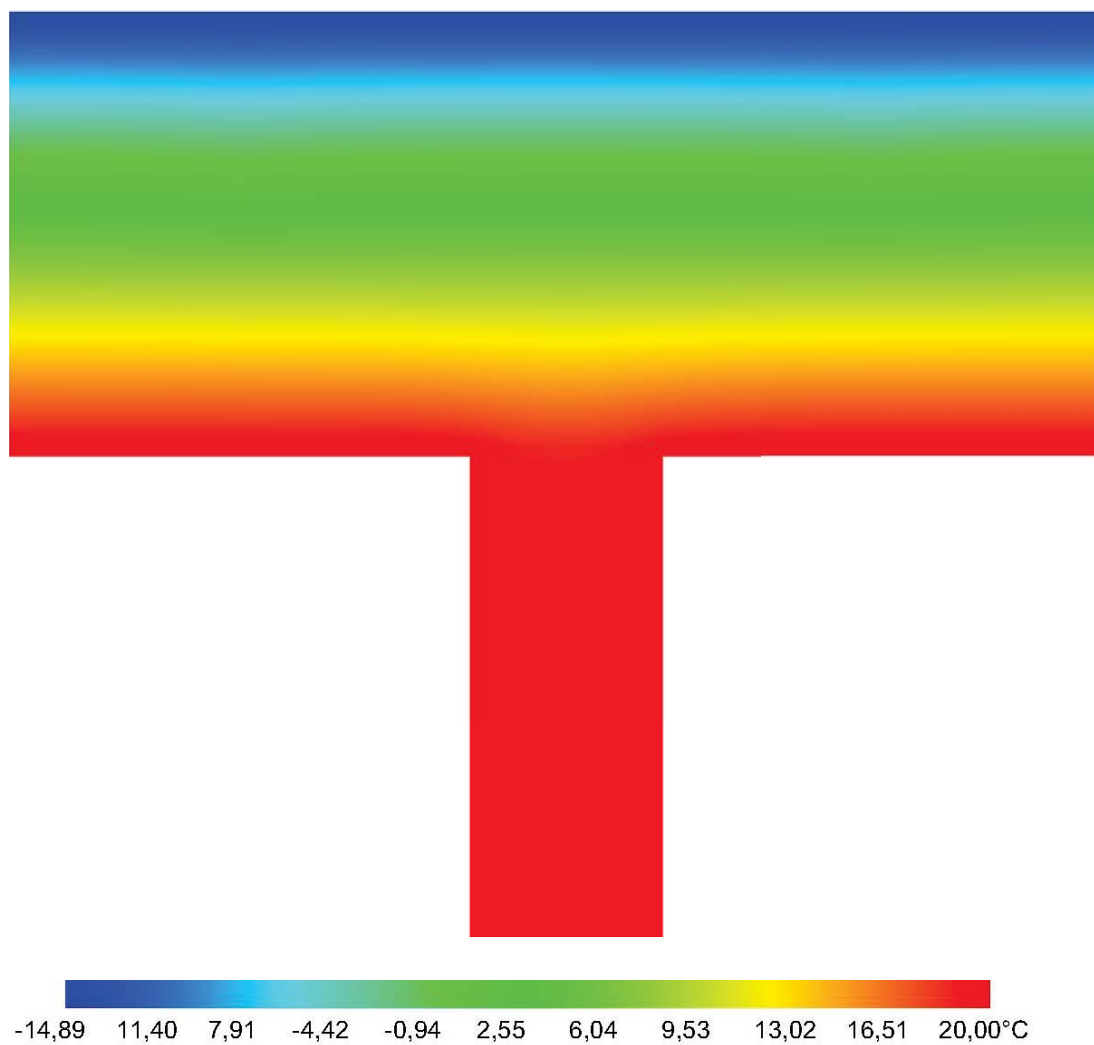




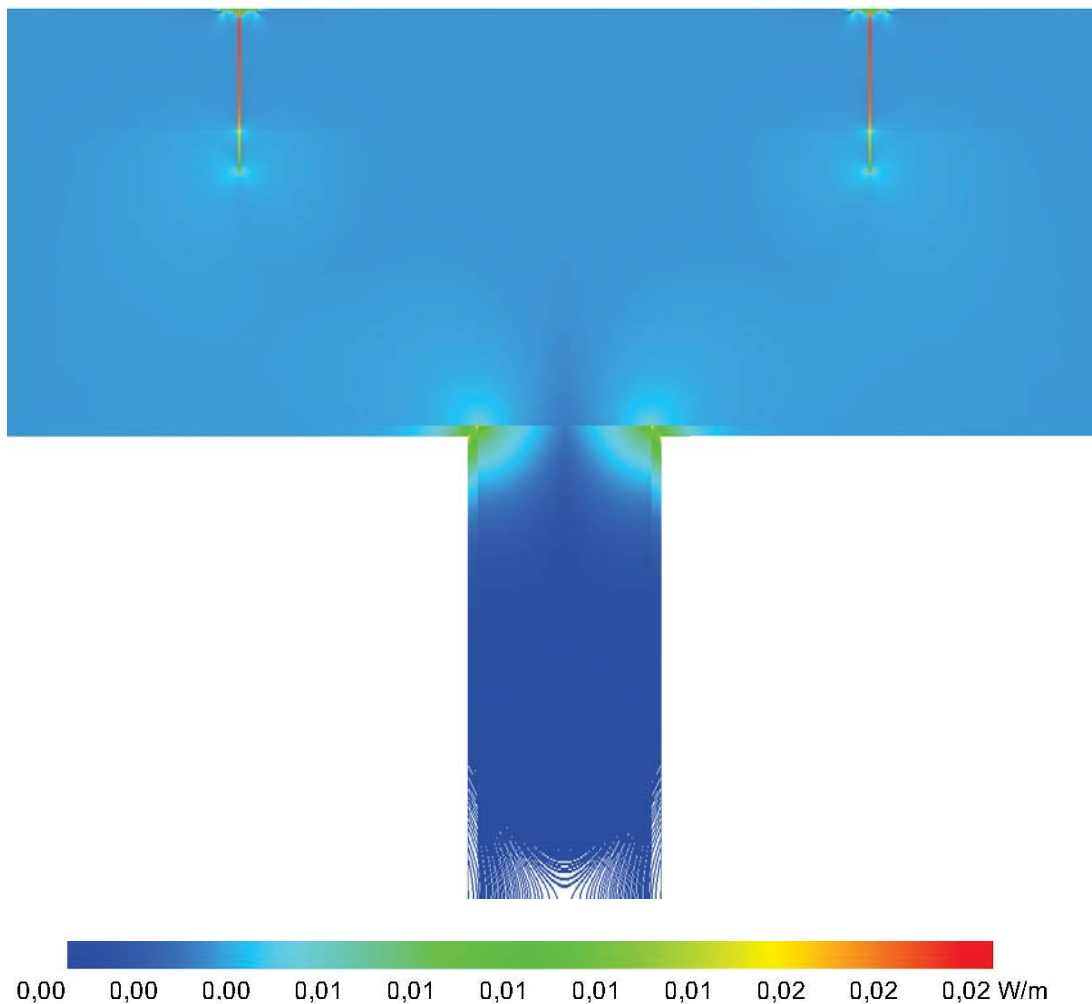
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



Výsledný lineární činitel prostupu tepla:

Teplota okrajové podmínky	$t =$	- 15,000 [°C]
Součinitel přestupu tepla	$\alpha =$	23,000 [W/(m² K)]
Počet vložených okrajových podmínek	$n =$	1 520 [ks]
Celková délka okrajové podmínky	$l =$	1,900 [m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$Q =$	- 4,794 [W/m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$q =$	- 2,523 [W/m²]

Rozdíl teplot $\Delta T = (T_i - T_e)$	$\Delta T =$	35,000 $\pm$ [K]
Součinitel prostupu tepla konstrukcí	$U =$	0,076 $\pm$ [W/(m² K)]

Přepočítat lineární činitel prostupu tepla $\Psi$ [W/(m K)] podle normy ČSN EN ISO 10211		
Zadaný součinitel prostupu tepla	$U =$	0,076 [W/(m² K)]
Průměrný součinitel prostupu tepla	$PrumU =$	0,072 [W/(m² K)]
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	1,900 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	5,054 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	4,794 [W/m]
Rozdíl tepelných toků mezi 1D a 2D	$Q21 =$	- 0,260 [W/m]
Tepelná propustnost	$L2D =$	0,137 [W/(m K)]
Lineární činitel prostupu tepla	$\Psi =$	- 0,007 [W/(m K)]

# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole podle normy ČSN EN ISO 1021 1:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

## 1. Identifikační údaje:

Název projektu: ROH ZDIVA - vytápěná zóna (st. tl. 500 mm) ke garáži

Datum: 18. srpna 2017

## 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	2 000 x 1 000 ks	Buněk s materiálem	173 682 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,003 m	Buněk s okrajovou podmínkou	1 836 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,005 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M16 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M24 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M29 - CEMIX - INTERIÉROVÝ NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M30 - FASÁDNÍ HMOŽDÍNKA ETICS		920,00	0,230	1470,00
M32 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M33 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M44 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka L [m]	Teplota T [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( t = 20°C , $\alpha$ = 8 )		2,880	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( t = -15°C , $\alpha$ = 23 )		1,955	-15,000	23,000
P11 - Interiér - Stěna ( t = 5°C )		1,455	5,000	8,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů n [ks]	Výkon zdroje Q <sub>kus</sub> [W]	Výkon zdroje Q <sub>kus</sub> [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů Q <sub>z</sub> [W]

## 3. Výsledky:




Max. teplota v konstrukci	T <sub>max</sub> = 19,784°C	Tepelný tok do konstrukce	Q <sub>okr in</sub> = 6,85 W/m
Min. teplota v konstrukci	T <sub>min</sub> = -14,915°C	Tepelný tok do konstrukce	Q <sub>zdr in</sub> = 0,00 W
Max. povrchová teplota	T <sub>p,max</sub> = 19,79°C	Tepelný tok z konstrukce	Q <sub>okr out</sub> = -6,85 W/m
Min. povrchová teplota	T <sub>p,min</sub> = -14,92°C	Tepelný tok z konstrukce	Q <sub>zdr out</sub> = 0,00 W
Kritérium konvergence	6E-003 < 0,020	Suma tepelných toků	Q <sub>sum</sub> = 0,00 W/m
Chyba výpočtu podle normy	3E-005 < 0,001	Počet řešených rovnic	173 682 rovnic

Kritérium konvergence - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Chyba výpočtu podle normy - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{\text{okr}}$ [W/m]	Tepelný tok $Q_{\text{okr}}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Max. povrchová teplota $T_{\text{max}}$ [°C]	Min. povrchová teplota $T_{\text{min}}$ [°C]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		6,851	2,379	19,790	19,142
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-4,592	-2,349	-14,823	-14,919
P11 - Interiér - Stěna ( $t = 5^{\circ}\text{C}$ )		-2,259	-1,553	5,210	5,114

#### 4. Grafický výstup:

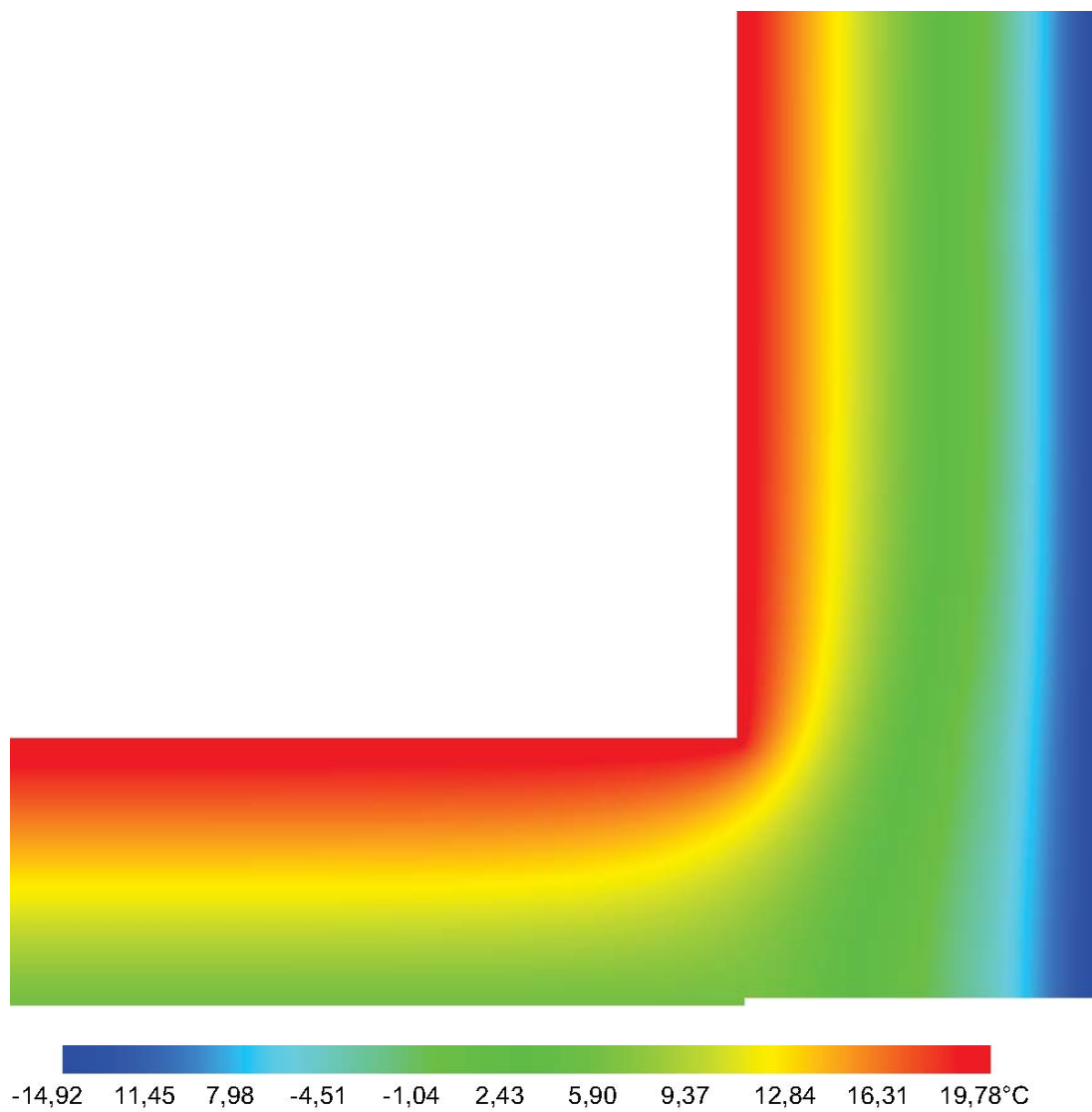
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



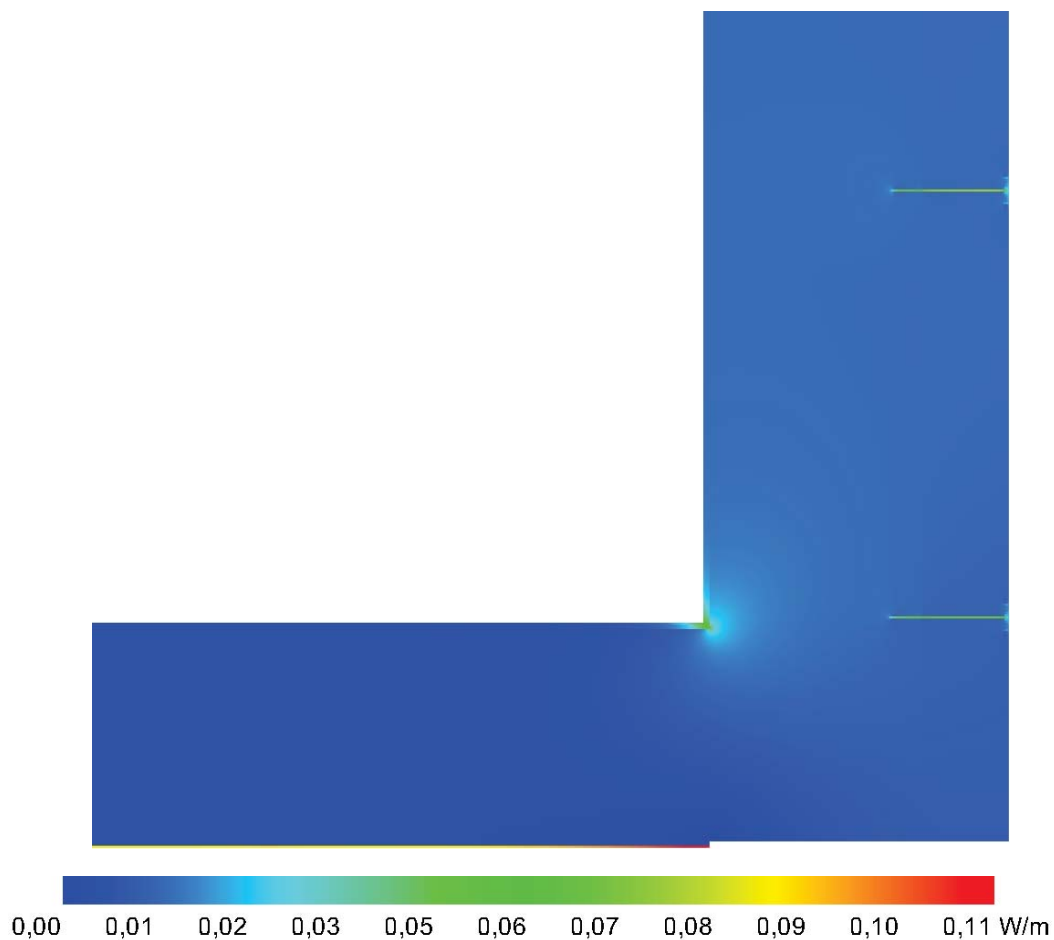
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



Výsledný lineární činitel prostupu tepla:

Teploota okrajové podmínky	$t =$	- 15,000 [°C]
Součinitel přestupu tepla	$\alpha =$	23,000 [W/(m²·K)]
Počet vložených okrajových podmínek	$n =$	391 [ks]
Celková délka okrajové podmínky	$l =$	1,955 [m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$Q =$	- 4,592 [W/m]
Tepelný tok okrajovou podmínkou	$q =$	- 2,349 [W/m²]

Rozdíl teplot $\Delta T = (T_i - T_e)$	$\Delta T =$	35,000 [K]
Součinitel prostupu tepla konstrukcí	$U =$	0,076 [W/(m²·K)]

Přepočítat lineární činitel prostupu tepla $\Psi$ [W/(m·K)] podle normy ČSN EN ISO 10211		
---	--	--

Zadaný součinitel prostupu tepla	$U =$	0,076 [W/(m²·K)]
Průměrný součinitel prostupu tepla	$PrumU =$	0,067 [W/(m²·K)]
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	1,955 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	5,200 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	4,592 [W/m]
Rozdíl tepelných toků mezi 1D a 2D	$Q21 =$	- 0,609 [W/m]
Teplotná propustnost	$L2D =$	0,131 [W/(m·K)]
Lineární činitel prostupu tepla	$\Psi =$	- 0,017 [W/(m·K)]



podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

## 1. Identifikační údaje:



Název projektu: NADPRAŽÍ DVEŘÍ

Datum: 22. října 2017

## 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	2 339 x 1 653 ks	Buněk s materiálem	54 942 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	953 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,002 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M01 - VZDUCH. MEZERA DO VÝPLNÍ OTVORŮ		1,20	0,160	1010,00
M02 - RÁM DVEŘÍ - SMRKOVÉ DŘEVO		400,00	0,110	2510,00
M05 - CIHEL. TVAROVKA - PŘEKŁAD		660,00	0,730	1000,00
M06 - PUR PĚNA		20,00	0,030	1400,00
M07 - BETON HELUZ PŘEKŁADU		2200,00	1,290	1020,00
M09 - PIR DESKA TL. 30 MM		32,00	0,020	1400,00
M10 - ARGONOVÁ VÝPLŇ		1,70	0,030	520,00
M11 - SKŁO - IZOLAČNÍ TROJSKŁO		2600,00	0,760	840,00
M28 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKŁAD		1500,00	0,480	840,00
M29 - ŽELEZO STAVEBNÍ		7850,00	58,000	440,00
M36 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M37 - DISTANČNÍ RÁMEČEK - SWISSSPACER		1300,00	0,160	1000,00
		1700,00	0,670	790,00
M41 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		14,00	0,039	1270,00
M45 - POLYST. PĚN. EPS 70F (Ia=0,039)		1400,00	0,700	800,00
M56 - DISPERZNÍ STĚRKA				

Tabuľka použitých okrajových podmienok	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		1,066	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		0,846	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

### 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,972^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 11,90\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,991^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,97^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -11,90\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,99^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$



Kritérium konvergence	5E-003 < 0,020	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00 \text{ W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	4E-005 < 0,001	Počet řešených rovnic	54 942 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

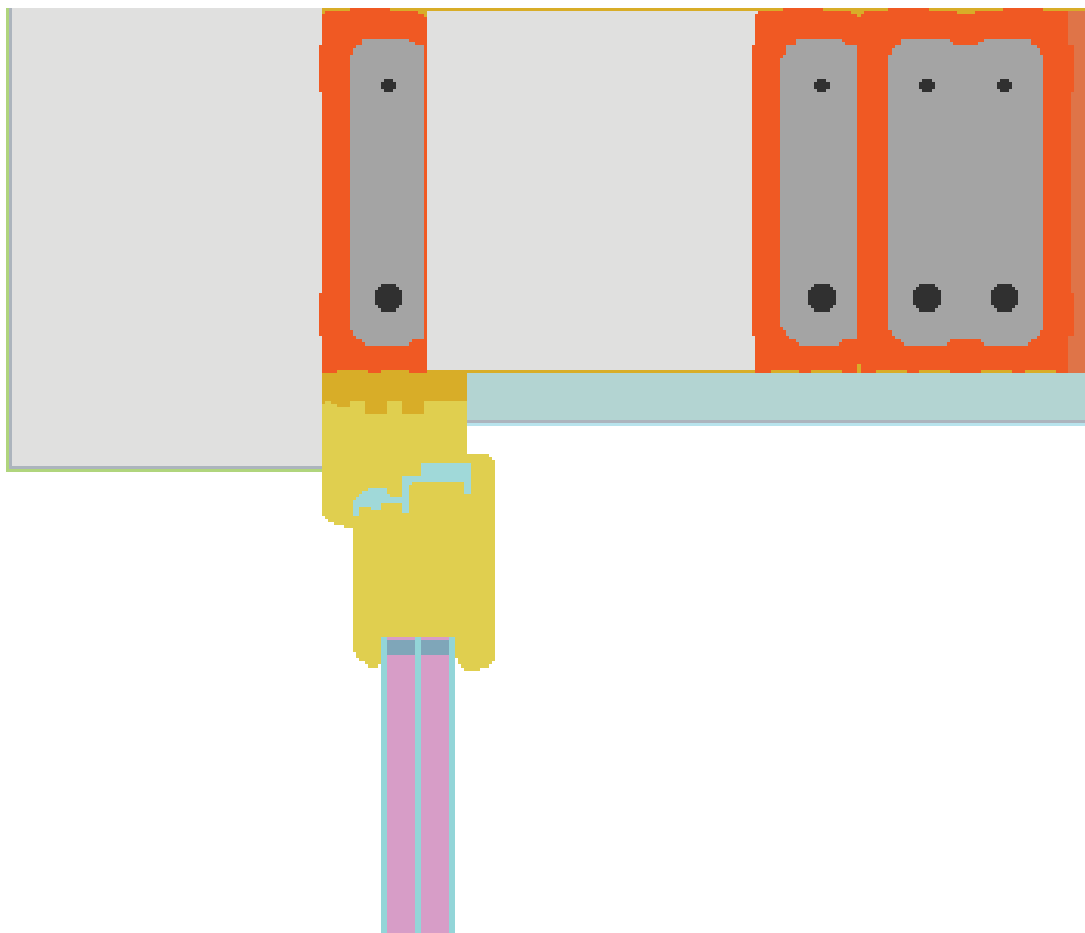
**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max} [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min} [^{\circ}\text{C}]$
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		11,896	11,159	19,972	14,166
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-11,897	-14,063	-12,327	-14,992

#### 4. Grafický výstup:

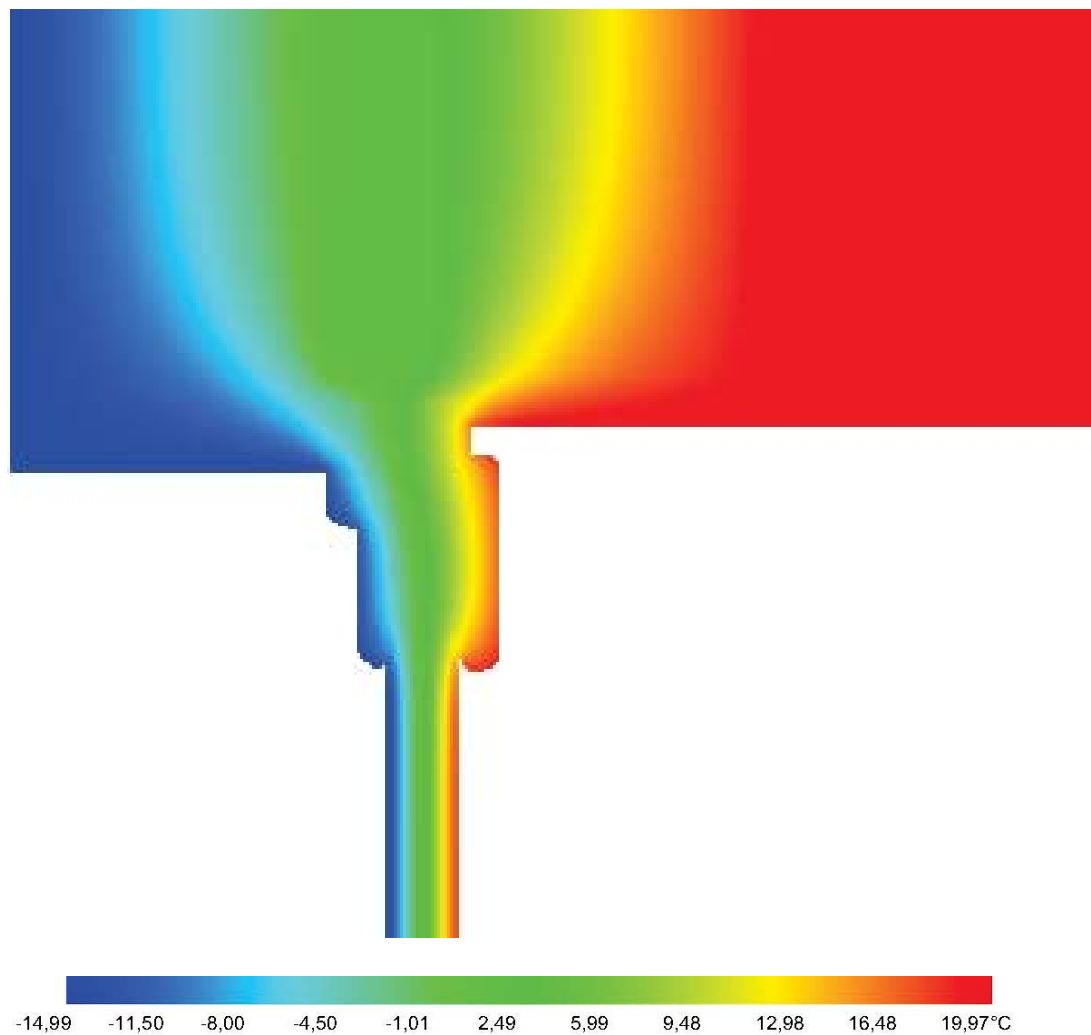
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



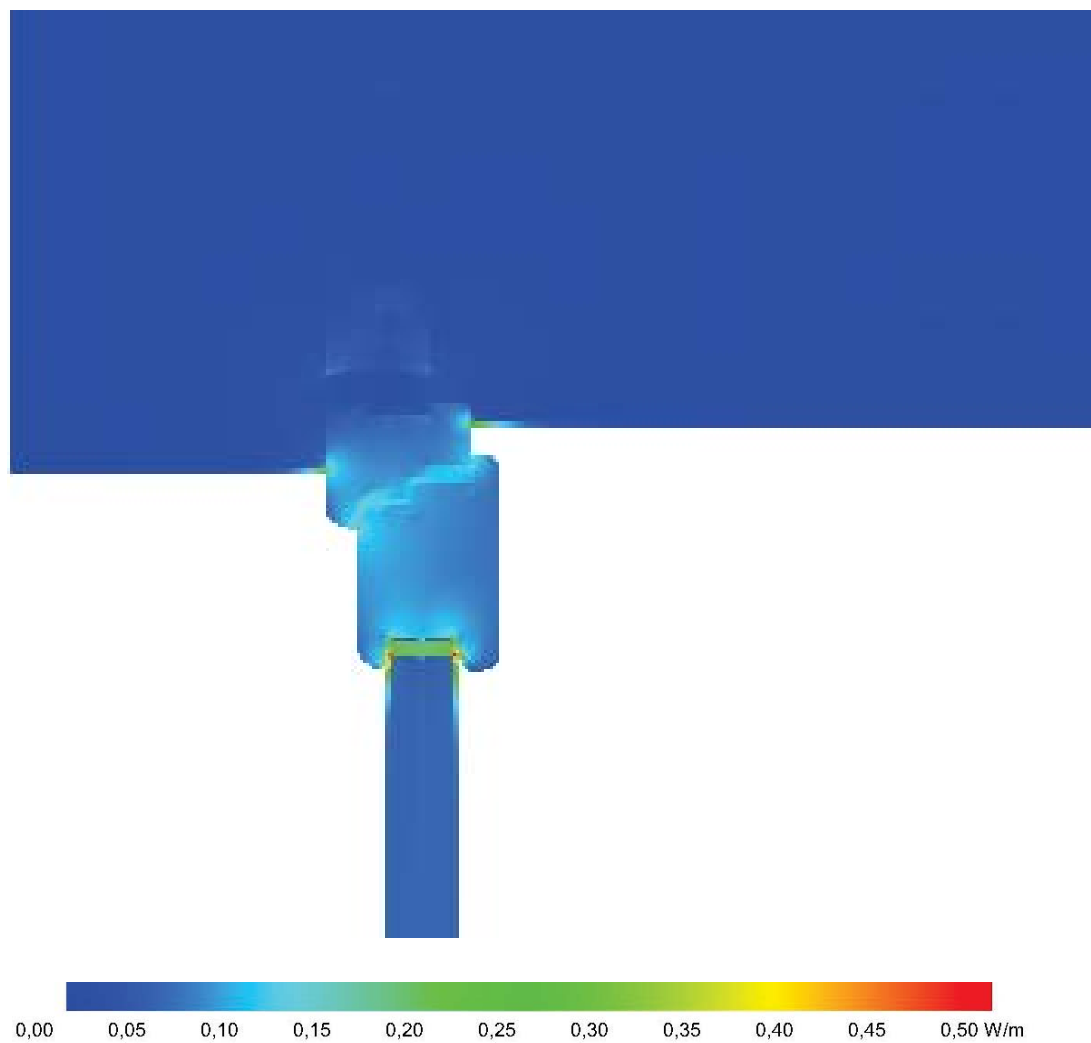
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



# Návrh pasivního domu

## Lineární činitel prostupu tepla - osazení okna v místě nadpraží

2D výpočet propustnosti detailu		
U-factor	0,402	W/(m²K)
length	846	mm
L <sub>2D</sub>	0,340	W/(mK)

Průměrný součinitel prostupu tepla	PrumU =	0,402 [W/(m² K)]
Délka vložené okrajové podmínky	l =	0,846 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	Q1D =	14,805 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	Q2D =	11,897 [W/m]
Rozdíl tepelných toků mezi 1D a 2D	Q2I =	- 2,908 [W/m]
Tepelná propustnost	L2D =	0,340 [W/(m K)]

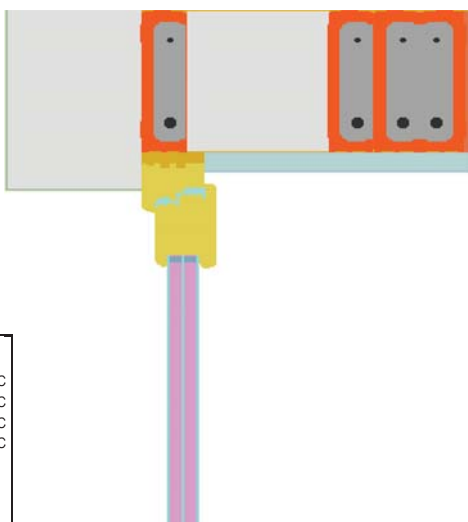
Tepelná propustnost stěny		
b <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>	
[mm]	W/(m²K)	
Konstrukce č.1	250	0,0931

2D propustnost okna		
U-factor	0,80	W/(m²K)
length	390	mm
L <sub>win,2D</sub>	0,312	W/(mK)

$$\Psi = L_{2D} - U_1 \cdot b_1 - L_{win,2D}$$

$$\Psi = 0,005 \text{ W/(m.K)}$$

Povrchové teploty		
Teplotní faktor vnitřního povrchu		
min. povrch. tepl. na kci	T <sub>si, min</sub> =	16,26 °C
min. povrch. tepl. na rámu	T <sub>si, min</sub> =	14,08 °C
teplota vnitřního vzduchu	T <sub>ai</sub> =	20 °C
náhvová vnější teplota	T <sub>e</sub> =	-15 °C
teplotní faktor	f <sub>Rsi,kce</sub> =	0,893
teplotní faktor	f <sub>Rsi,okno</sub> =	0,831



Průměrný součinitel prostupu tepla	PrumU =	0,800 [W/(m² K)]
Délka vložené okrajové podmínky	l =	0,390 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	Q1D =	6,825 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	Q2D =	10,915 [W/m]
Rozdíl tepelných toků mezi 1D a 2D	Q2I =	4,090 [W/m]
Tepelná propustnost	L2D =	0,312 [W/(m K)]



1 Plošná konstrukce č.1						
Konstrukce č. Popis konstrukce						
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²K/W]			vnitřní R <sub>se</sub> :		0,13	
			vnější R <sub>se</sub> :		0,04	
Dílicí plocha 1	λ [W/(mK)]	Dílicí plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Dílicí plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Celková šířka Tloušťka [mm]
1. INTERIÉROVÝ NÁTĚR	0,670					2
2. VNITŘNÍ PODKLAD	0,480					14
3. PŘEKLAD HELUZ (3X)	1,000					210
4. POLYST. PĚN. EPS 70F	0,039					200
5. PŘEKLAD HELUZ (1X)	1,000					70
6. POLYST. PĚN. EPS 70F	0,039					200
7. DISPERZNÍ STĚRKA	0,700					2
8. SILIKONOVÁ OMÍTKA	0,700					2
		Podíl dílicí plochy 2		Podíl dílicí plochy 3		Celkem
						70,0 cm
Součinitel U:			0,093 W/(m²K)			

# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

## 1. Identifikační údaje:

Název projektu: OSTĚNÍ DVEŘÍ

Datum: 20. září 2017

## 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	4 678 x 1 653 ks	Buněk s materiálem	383 082 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	3 392 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,002 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M01 - VZDUCH. MEZERA DO VÝPLNÍ OTVORŮ		1,20	0,160	1010,00
M02 - RÁM DVEŘÍ - SMRKOVÉ DŘEVO		400,00	0,110	2510,00
M06 - PUR PĚNA		20,00	0,030	1400,00
M09 - PIR DESKA TL. 30 MM		32,00	0,020	1400,00
M10 - ARGONOVÁ VÝPLŇ		1,70	0,030	520,00
M11 - SKLO - IZOLAČNÍ TROJSKLO		2600,00	0,760	840,00
M25 - KOMPOZITNÍ ÚHELNÍK		7850,00	15,000	440,00
M28 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M36 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M37 - DISTANČNÍ RÁMEČEK - SWISSPACER		1300,00	0,160	1000,00
M41 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M42 - FASÁDNÍ HMOŽDÍNKY ETICS		920,00	0,230	1470,00
M44 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M45 - POLYST. PĚN. EPS 70F (Ia=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M56 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		1,902	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		1,498	-15,000	23,000

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

## 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 19,973^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 13,40\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = -14,977^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 19,97^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -13,40\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -14,98^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$



Kritérium konvergence	3E-003 < 0,020	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00 \text{ W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	2E-004 < 0,001	Počet řešených rovnic	383 082 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

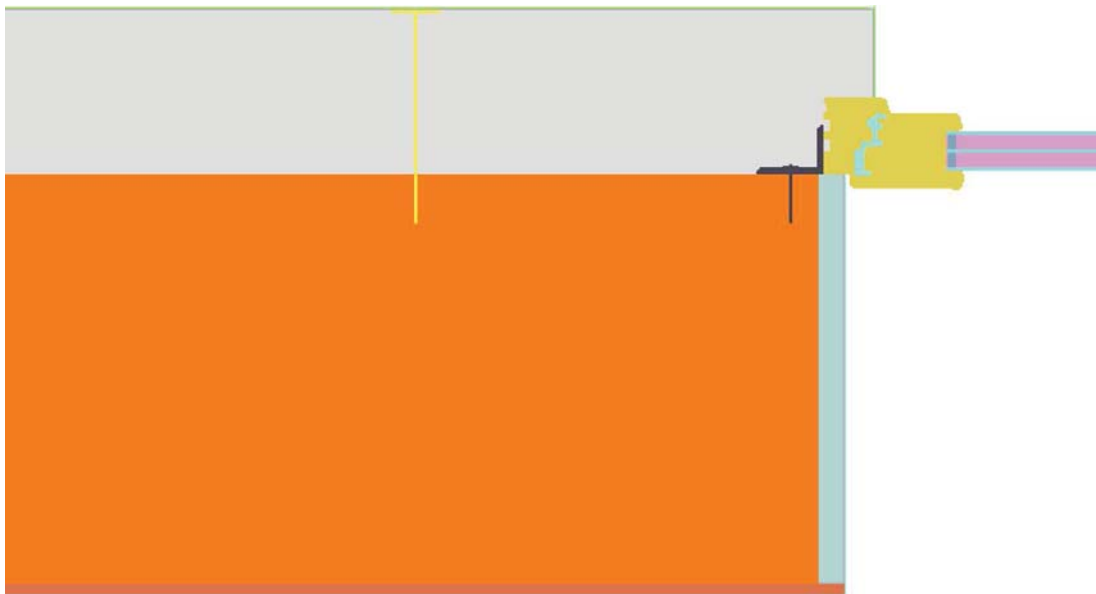
**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max} [^\circ\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min} [^\circ\text{C}]$
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^\circ\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		13,399	7,045	19,973	14,250
P10 - Exteriér ( $t = -15^\circ\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-13,393	-8,940	-12,300	-14,978

#### 4. Grafický výstup:

Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:

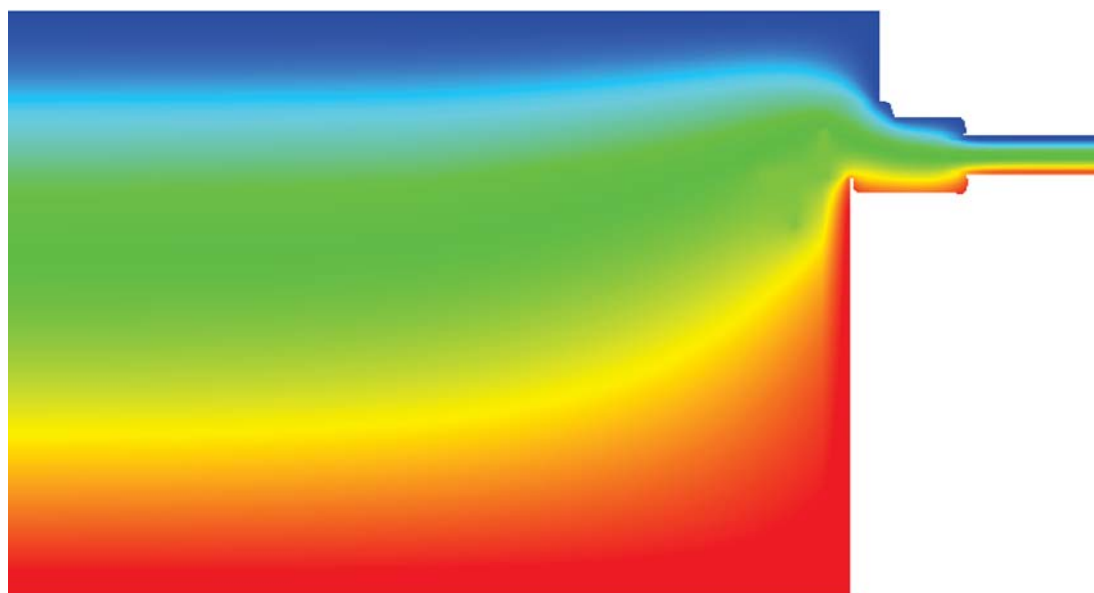




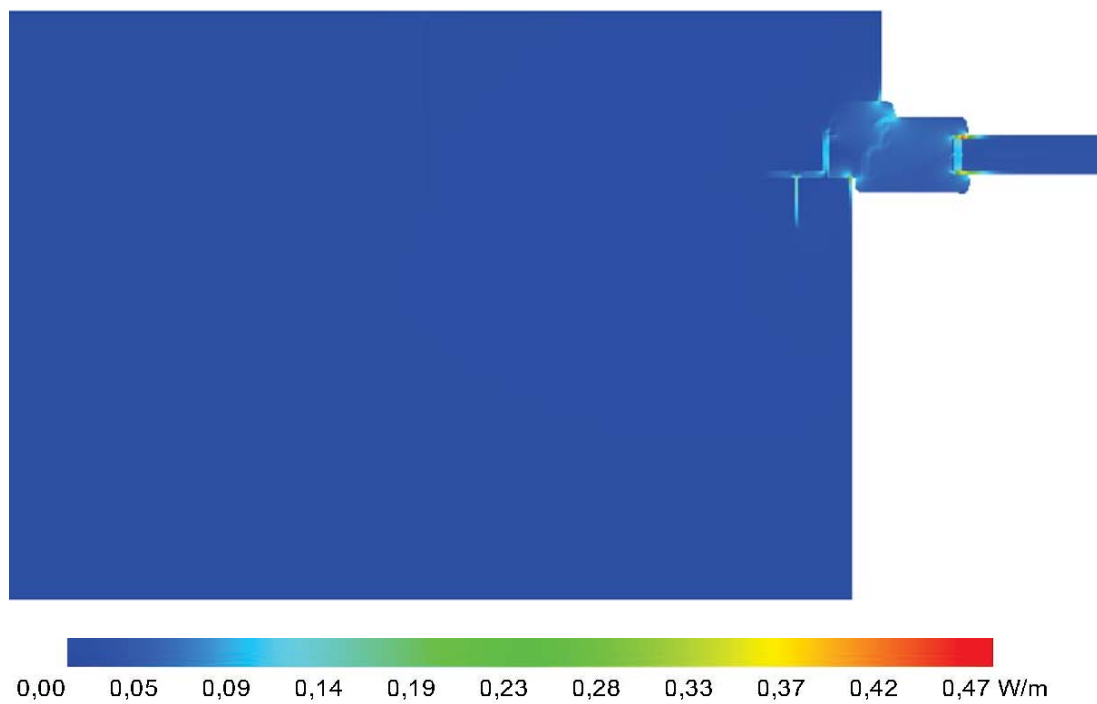
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



# Návrh pasivního domu

## Lineární činitel prostupu tepla - osazení dveří v místě ostění

2D výpočet propustnosti detailu		
U-factor	0,255	W/(m²K)
length	1498	mm
L <sub>2D</sub>	0,383	W/(mK)

Průměrný součinitel prostupu tepla	PrumU =	0,255 [W/(m² K)]
Délka vložené okrajové podmínky	l =	1,498 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	Q1D =	26,215 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	Q2D =	13,393 [W/m]
Rozdíl tepelných toků mezi 1D a 2D	Q2I =	- 12,822 [W/m]
Tepelná propustnost	L2D =	0,383 [W/(m K)]

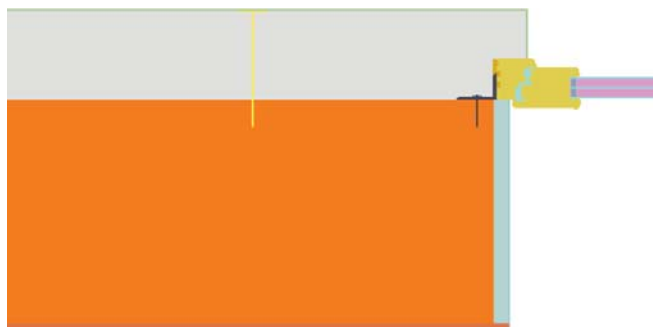
Tepelná propustnost stěny		
b <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>	
[mm]	W/(m²K)	
Konstrukce č.1	1 000	0,0760

2D propustnost okna		
U-factor	0,80	W/(m²K)
length	390	mm
L <sub>win,2D</sub>	0,312	W/(mK)

$$\Psi = L_{2D} - U_1 \cdot b_1 - L_{win,2D}$$

$$\Psi = -0,005 \text{ W/(m.K)}$$

Povrchové teploty		
Teplotní faktor vnitřního povrchu		
min. povrch. tepl. na kci	T <sub>si, min</sub> =	15,5 °C
min. povrch. tepl. na rámu	T <sub>si, min</sub> =	13,7 °C
teplota vnitřního vzduchu	T <sub>ai</sub> =	20 °C
návhová vnější teplota	T <sub>e</sub> =	-15 °C
teplotní faktor	f <sub>Rsi,kce</sub> =	0,871
teplotní faktor	f <sub>Rsi,okno</sub> =	0,820



Průměrný součinitel prostupu tepla	PrumU =	0,800 [W/(m² K)]
Délka vložené okrajové podmínky	l =	0,390 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	Q1D =	6,326 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	Q2D =	10,915 [W/m]
Rozdíl tepelných toků mezi 1D a 2D	Q2I =	- 4,090 [W/m]
Tepelná propustnost	L2D =	0,312 [W/(m K)]

1 Plošná konstrukce č.1						
Konstrukce č. Popis konstrukce						
Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²K/W]			vnitřní R <sub>si</sub> :		0,13	
			vnější R <sub>se</sub> :		0,04	
Dílič plocha 1	λ [W/(mK)]	Dílič plocha 2 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Dílič plocha 3 (nepovinný)	λ [W/(mK)]	Celková šířka Tloušťka [mm]
1. INTERIÉROVÝ NÁTĚR	0,670					2
2. VNITŘNÍ PODKLAD	0,480					14
3. HELUZ FAMILY 2IN1	0,064					500
4. POLYST. PĚN. EPS 70F	0,039					200
5. DISPERZNÍ STĚRKA	0,700					2
6. SILIKONOVÁ OMÍTKA	0,700					2
7.						
8.						
		Podíl dílič plochy 2			Podíl dílič plochy 3	Celkem
						72,0 cm
Součinitel U:			0,076		W/(m²K)	

# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

## podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

### 1. Identifikační údaje:

Název projektu: PODLAHA NA ZEMINĚ - STYK SE STĚNOU K ZEMINĚ

Datum: 17. října 2017

### 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru 2 048 x 2 048 ks Buněk s materiálem 4 085 762 ks  
 Rozměr buňky ve směru X 0,005 m Buněk s okrajovou podmínkou 4 265 ks  
 Rozměr buňky ve směru Y 0,010 m Buněk s vnitřními zdroji 0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M01 - HYDROIZOLAČNÍ STĚRKA		470,00	0,090	1020,00
M03 - DRENÁŽNÍ TRUBKA		980,00	0,500	1470,00
M13 - ANHYDRIT		2100,00	1,200	850,00
M16 - BETON HUTNÝ		2200,00	1,300	1020,00
M18 - VZDUCH, MEZERA - MIAKO		1,20	0,540	1010,00
M20 - MALTA VÁPENOCEMENTOVÁ		1850,00	0,970	840,00
M28 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M30 - ZHUTNĚNÝ PÍSEK		1750,00	0,950	960,00
M31 - HELUZ 50 BROUŠENÁ		640,00	0,081	1000,00
M33 - ROSTLÁ PŮDA S PŘIROZ. VLHK.		1800,00	1,400	920,00
M35 - CIHLA PLNÁ PÁLENÁ (CPP)		1700,00	0,780	900,00
M42 - FASÁDNÍ HMOŽDÍŇKA ETICS		920,00	0,230	1470,00
M46 - POLYSTYREN .XPS (la=0,035)		30,00	0,035	2060,00
M51 - POLYST. PĚN. EPS 100S (la=0,037)		18,00	0,037	1270,00
M53 - ASFALTOVÝ PÁS		1400,00	0,210	1470,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P06 - Interiér - Podlaha ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 6$ )		4,010	20,000	6,000
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		2,550	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		20,000	-15,000	23,000
P11 - Zemina ( $t = 5,0^{\circ}\text{C}$ )		24,840	5,000	-

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

### 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci  $T_{max} = 19,656^{\circ}\text{C}$  Tepelný tok do konstrukce  $Q_{okr\ in} = 37,29\ \text{W/m}$   
 Min. teplota v konstrukci  $T_{min} = -14,924^{\circ}\text{C}$  Tepelný tok do konstrukce  $Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$   
  
 Max. povrchová teplota  $T_{p,max} = 19,66^{\circ}\text{C}$  Tepelný tok z konstrukce  $Q_{okr\ out} = -37,29\ \text{W/m}$   
 Min. povrchová teplota  $T_{p,min} = -14,93^{\circ}\text{C}$  Tepelný tok z konstrukce  $Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$





Kritérium konvergence	6E-003 < 0,020	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00 \text{ W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	1E-005 < 0,001	Počet řešených rovnic	4 085 762 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max} [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min} [^{\circ}\text{C}]$
P06 - Interiér - Podlaha ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 6$ )		9,461	2,359	19,665	18,937
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		9,336	3,661	19,576	19,168
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-37,291	-1,864	-14,327	-14,930
P11 - Zemina ( $t = 5,0^{\circ}\text{C}$ )		18,494	0,744	5,000	5,000

#### 4. Grafický výstup:

Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:





Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



**Návrh pasivního domu**  
**Lineární činitel prostupu tepla - napojení stěny k zemině v místě podlahy**

<b>2D výpočet propustnosti stěnou k zemině</b>			Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí	$\overline{PrumU} =$	0,105 [W/(m²·K)]
Součinitel prostupu tepla detailem	0,105	W/(m²·K)	Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	2,550 [m]
Délka	2 550	mm	Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q_{1D} =$	44,625 [W/m]
Vypočtená propustnost $L_{2D, stěna}$	0,267	W/(m·K)	Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q_{2D} =$	9,336 [W/m]
<b>2D výpočet propustnosti podlahou k zemině</b>			Rodil tepelných toků mezi 1D a 2D řešením	$Q_{21} =$	- 35,289 [W/m]
Součinitel prostupu tepla detailem	0,067	W/(m²·K)	Tepelná propustnost	$L_{2D} =$	0,267 [W/(m·K)]
Délka	4 010	mm	Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí	$\overline{PrumU} =$	0,067 [W/(m²·K)]
Vypočtená propustnost $L_{2D, podlaha}$	0,270	W/(m·K)	Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	4,010 [m]
<b>2D výpočet propustnosti celým detailem</b>			Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q_{1D} =$	70,175 [W/m]
Vypočtená propustnost $L_{2D, celk}$	0,537	W/(m·K)	Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q_{2D} =$	9,461 [W/m]
			Rodil tepelných toků mezi 1D a 2D řešením	$Q_{21} =$	- 60,714 [W/m]
			Tepelná propustnost	$L_{2D} =$	0,270 [W/(m·K)]

Charakteristika stěny k zemině		
Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k zemině je vypočten ve spodní části tohoto dokumentu	$b_w$	$U_w$
	[mm]	W/(m²·K)
	3 000	0,091

<b>2D propustnost podlahy na zemině</b>			Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí	$\overline{PrumU} =$	0,063 [W/(m²·K)]
Součinitel prostupu tepla	0,063	W/(m²·K)	Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	4,000 [m]
Délka okraj. podm. z interiéru $b_{g, int}$	4 000	mm	Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q_{1D} =$	70,000 [W/m]
Vypočtená propustnost $L_{2D, g}$	0,252	W/(m·K)	Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q_{2D} =$	8,804 [W/m]
Délka okraj. podm. z exteriéru $b_{g, ext}$	4 682	mm	Rodil tepelných toků mezi 1D a 2D řešením	$Q_{21} =$	- 61,196 [W/m]
			Tepelná propustnost	$L_{2D} =$	0,252 [W/(m·K)]

**Výpočet lineárního činitele prostupu tepla celého stavebního detailu**

$$\psi = L_{2D} - U_w \cdot b_w - L_{2D, g} \cdot b_{g, ext} / b_{g, int}$$

$$\psi = -0,032 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k zemině**

Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²·K/W]	vnitřní $R_{si}$ :	0,13
	vnější $R_{se}$ :	0

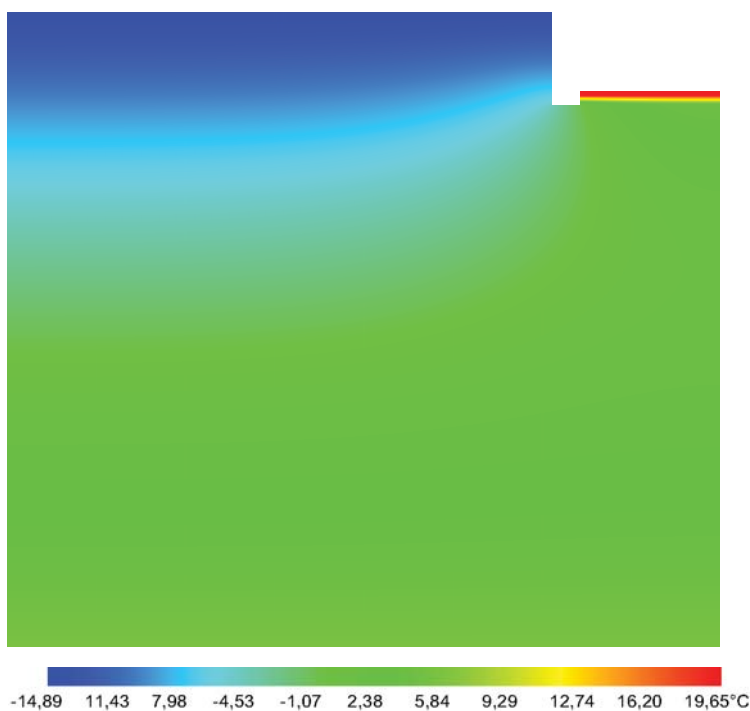
Název materiálu	$\lambda$ [W/(m·K)]	tloušťka [m]
VÁPENOCEMENTOVÁ OMÍTKA	0,990	0,015
HELUZ FAMILY 50 BROUŠENÁ	0,081	0,500
TEPELNÁ IZOLACE Z XPS	0,035	0,160
DISPERZNÍ STĚRKA	0,700	0,002
ASFALTOVÝ PÁS	0,210	0,005

Výsledný součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,091 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

Geometrie detailu bez stěny



Teplotní pole detailu bez stěny



## DOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLIT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 10211 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Area 2017

Název úlohy : 17. PODLAHA NA ZEMINĚ - STYK SE STĚNOU K ZEMINĚ

Zpracovatel : Milan Císař

Varianta: Diplomová práce

Datum : 12.11.2017

### KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 20.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 65

Počet vodorovných os: 200

Počet prvků: 25472

Počet uzlových bodů: 13000

Zadané materiály :

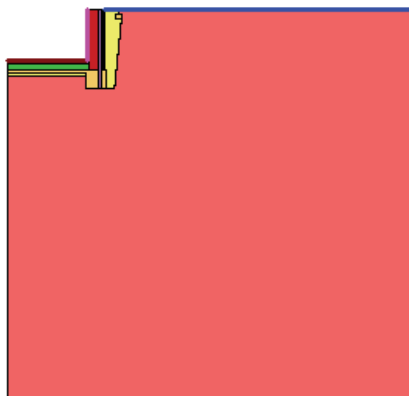
č.	Název	LambdaX	LambdaY	X1	X2	Y1	Y2
1	Beton hutný	1.300	1.300	56	65	28	34
2	Rostlá půda s přirozenou vlhkostí	1.400	1.400	1	35	14	197
3	Tepelná izolacece XPS (la=0,035)	0.035	0.035	54	56	15	197
4	Zhutnělý písek	0.950	0.950	18	40	172	198
5	Heluz 50 broušená	0.081	0.081	55	57	38	197
6	Polystyren pěnový EPS 100 S	0.037	0.037	59	65	38	53
7	Cemix 073 - vnitřní podklad	0.480	0.480	57	60	66	197
8	Anhydrit	1.200	1.200	58	65	60	66
9	Asfaltový pás	0.210	0.210	155	65	34	39
10	Malta vápenocementová	0.970	0.970	45	47	35	40
11	Zdivo z CPP	0.780	0.780	45	52	40	44

Poznámka: LambdaX a LambdaY jsou návrhové hodnoty tepelné vodivosti materiálu ve směru osy X a Y ve W/(m.K);  
Mix a MiY jsou návrhové faktory difúzního odporu materiálu ve směru osy X a Y; X1 a X2 jsou čísla os  
ve směru osy X a Y1 a Y2 jsou čísla os ve směru osy Y vymezující zadanou oblast.

Geometrie detailu  
a zadané podmínky:

Počet vertik. os: 65  
Počet horizont. os: 200  
Počet prvků: 25472

Teplota    Odpor R<sub>s</sub>  
 - ≤ 0    ≤ 0,05  
 - ≤ 0    > 0,05  
 - > 0    ≤ 0,16  
 - > 0    0,17-0,24  
 - > 0    ≥ 0,25



Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	RH [%]	P [kPa]	h,p [s/m]
1	11866	12866	20.00	0.17	50.0	1.17	10.00
2	11866	11997	20.00	0.13	50.0	1.17	10.00
3	7001	12801	5.00	0.00	99.0	0.86	20.00
4	197	2597	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00

Poznámka: Rs je odpor při přestupu tepla na příslušném povrchu, RH je relativní vlhkost v prostředí působícím na příslušný povrch, P je částečný tlak vodní páry v prostředí působícím na daný povrch a h,p je součinitel přestupu vodní páry na příslušném povrchu.

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

### NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	20.0	0.17	50	18.88	9.41790	---
2	20.0	0.13	50	18.88	9.32607	---
3	5.0	0.00	99	5.00	20.6151	---
4	-15.0	0.04	84	-14.93	-39.35907	---

Vysvětlivky:

T zadaná teplota v daném prostředí [C]  
Rs zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]  
R.H. zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)  
Propust. L tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]  
( lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

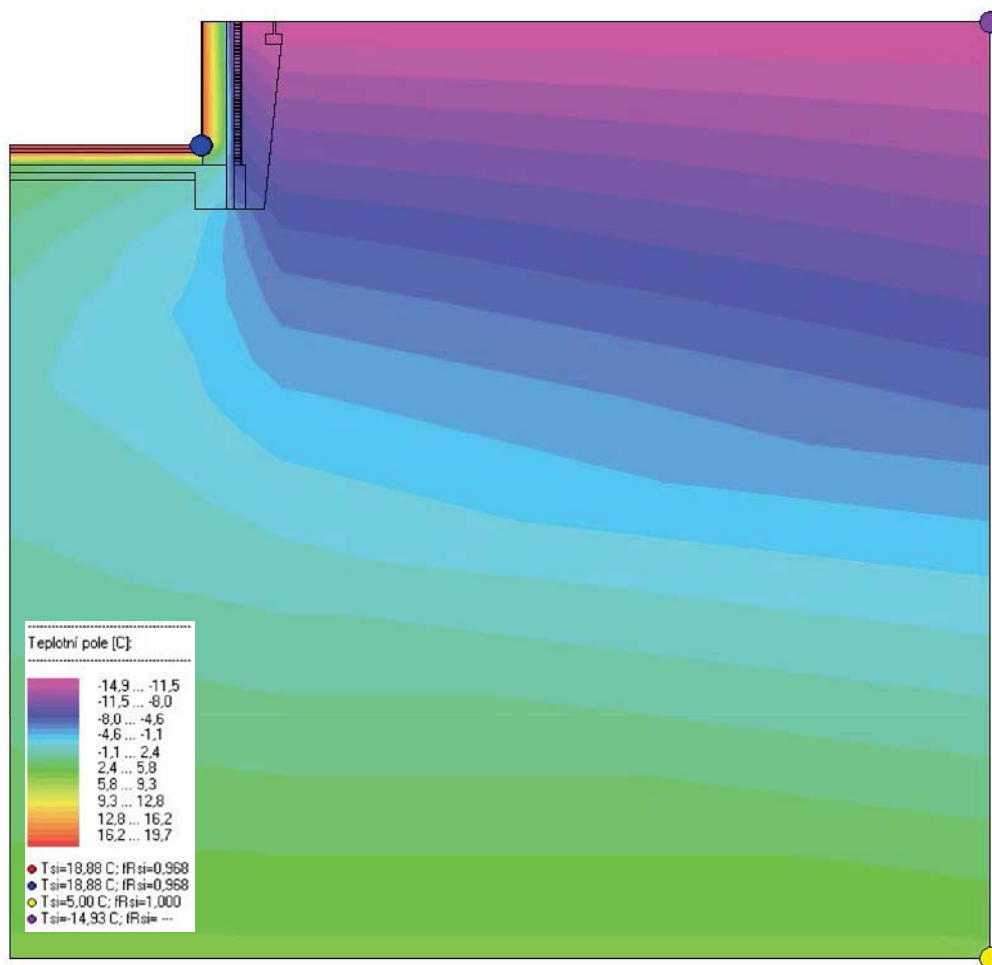
### NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY, TEPLITNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	9.26	18.88	0.968	ne	---	---
2	9.26	18.88	0.968	ne	---	---
3	4.86	5.00	1.000	ne	---	---
4	-16.87	-14.93	???	ne	---	---

Vysvětlivky:

Tw teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C  
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
f,Rsi teplotní faktor dle ČSN 730540, EN ISO 10211 a EN ISO 13788 [-]  
[rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní ( 20.0 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota Te = -15.0 C]  
KOND. označuje vznik povrchové kondenzace  
RH,max maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]  
T,min minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika povrchové kondenzace neodpovídá hodnocení podle ČSN 730540-2. Program pouze porovnává teplotu povrchu s teplotou rosného bodu



#### ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků: -0.0001 W/m  
 Součet abs.hodnot tep.toků: 78.7181 W/m  
 Podíl: -0.0000  
 Podíl je menší než 0.001 - požadavek EN ISO 10211 je splněn.

Area 2017, (c) 2017 Svoboda Software

**Návrh pasivního domu**  
**Lineární činitel prostupu tepla - napojení stěny k zemině v místě podlahy**

<b>2D výpočet propustnosti stěnou k zemině</b>		
Součinitel prostupu tepla detailem	0,104	W/(m²K)
Délka	2 550	mm
Vypočtená propustnost $L_{2D, stěna}$	0,266	W/(mK)
<b>2D výpočet propustnosti podlahou k zemině</b>		
Součinitel prostupu tepla detailem	0,067	W/(m²K)
Délka	4 010	mm
Vypočtená propustnost $L_{2D, podlaha}$	0,269	W/(mK)
<b>2D výpočet propustnosti celým detailem</b>		
Vypočtená propustnost $L_{2D, celk}$	0,536	W/(mK)

**VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :**

**NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:**

Prostředí	T [C]	Rs [m²K/W]	R.H. [%]	Ts.min [C]	Tep.tok Q [W/m]
1	20.0	0.17	50	18.88	9.41790
2	20.0	0.13	50	18.88	9.32607
3	5.0	0.00	99	5.00	20.6151
4	-15.0	0.04	84	-14.93	-39.35907

Vysvětlivky:  
T: zadaná teplota v daném prostředí [C]  
Rs: zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m²K/W]  
R.H.: zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts.min: minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
Tep.tok Q: hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)  
Propust. L: tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]  
( lze určit jen pro maximálně 2 prostředí, pro určité charakteristické výšky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

<b>Charakteristika stěny k zemině</b>		
Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k zemině je vypočten ve spodní části tohoto dokumentu	b <sub>w</sub>	U <sub>w</sub>
	[mm]	W/(m²K)
	3 000	0,091

<b>2D propustnost podlahy na zemině</b>		
Součinitel prostupu tepla	0,063	W/(m²K)
Délka okraj. podm. z interiéru b <sub>g.int</sub>	4 000	mm
Vypočtená propustnost $L_{2D, g}$	0,251	W/(mK)
Délka okraj. podm. z exteriéru b <sub>g.ext</sub>	4 682	mm

**VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :**

**NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:**

Prostředí	T [C]	Rs [m²K/W]	R.H. [%]	Ts.min [C]	Tep.tok Q [W/m]
1	5.0	0.00	99	5.00	18.98837
2	-15.0	0.04	84	-14.95	-28.13503
3	20.0	0.17	50	19.59	8.80184

Vysvětlivky:  
T: zadaná teplota v daném prostředí [C]  
Rs: zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m²K/W]  
R.H.: zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts.min: minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
Tep.tok Q: hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)  
Propust. L: tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]  
( lze určit jen pro maximálně 2 prostředí, pro určité charakteristické výšky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

**Výpočet lineárního činitele prostupu tepla celého stavebního detailu**

$$\psi = L_{2D} - U_w \cdot b_w - L_{2D, g} \cdot b_{g, ext} / b_{g, int}$$

$$\psi = -0,033 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k zemině**

Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²·K/W]	vnitřní R <sub>si</sub> :	0,13
	vnější R <sub>se</sub> :	0

Název materiálu	λ [W/(m·K)]	tloušťka [m]
VÁPENOCEMENTOVÁ OMÍTKA	0,990	0,015
HELUZ FAMILY 50 BROUŠENÁ	0,081	0,500
TEPELNÁ IZOLACE Z XPS	0,035	0,160
DISPERZNÍ STĚRKA	0,700	0,002
ASFALTOVÝ PÁS	0,210	0,005

**Výsledný součinitel prostupu tepla konstrukce:**  $U = 0,091 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

## 1. Identifikační údaje:

Název projektu: PODLAHA NA ZEMINĚ - STYK S OBVODOVOU STĚNOU

Datum: 22. října 2017

## 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru 2 048 x 2 048 ks Buněk s materiálem 3 634 079 ks  
Rozměr buňky ve směru X 0,005 m Buněk s okrajovou podmínkou 4 266 ks  
Rozměr buňky ve směru Y 0,010 m Buněk s vnitřními zdroji 0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M01 - HYDROIZOLAČNÍ STĚRKA		470,00	0,090	1020,00
M03 - DRENÁŽNÍ TRUBKA		980,00	0,500	1470,00
M08 - BETON HELUZ - STROP		2200,00	1,300	1020,00
M13 - ANHYDRIT		2100,00	1,200	850,00
M16 - BETON HUTNÝ		2200,00	1,300	1020,00
M18 - VZDUCH. MEZERA - MIAKO		1,20	0,540	1010,00
M28 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M30 - ZHUTNĚNÝ PÍSEK		1750,00	0,950	960,00
M33 - ROSTLÁ PŮDA S PŘIROZ. VLHK.		1800,00	1,400	920,00
M42 - FASÁDNÍ HMOŽDÍNKA ETICS		920,00	0,230	1470,00
M43 - ŠTĚRK		2400,00	1,140	840,00
M44 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M45 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M46 - POLYSTYREN .XPS (la=0,035)		30,00	0,035	2060,00
M51 - POLYST. PĚN. EPS 100S (la=0,037)		18,00	0,037	1270,00
M53 - ASFALTOVÝ PÁS		1400,00	0,210	1470,00
M56 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka $L$ [m]	Teplota $T$ [°C]	Souč. přestupu tepla $\alpha$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
P06 - Interiér - Podlaha ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 6$ )		4,010	20,000	6,000
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		1,070	20,000	8,000
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		21,350	-15,000	23,000
P11 - Zemina ( $t = 5,0^{\circ}\text{C}$ )		24,690	5,000	-

Tabulka použitých vnitřních zdrojů energie	Barva	Počet zdrojů $n$ [ks]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W]	Výkon zdroje $Q_{kus}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon zdrojů $Q_z$ [W]

## 3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci  $T_{max} = 19,656^{\circ}\text{C}$  Tepelný tok do konstrukce  $Q_{okr\ in} = 40,80\ \text{W/m}$   
Min. teplota v konstrukci  $T_{min} = -14,955^{\circ}\text{C}$  Tepelný tok do konstrukce  $Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$   
  
Max. povrchová teplota  $T_{p,max} = 19,68^{\circ}\text{C}$  Tepelný tok z konstrukce  $Q_{okr\ out} = -40,80\ \text{W/m}$   
Min. povrchová teplota  $T_{p,min} = -14,96^{\circ}\text{C}$  Tepelný tok z konstrukce  $Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$







Kritérium konvergence	5E-003 < 0,020	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,00 \text{ W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	1E-005 < 0,001	Počet řešených rovnic	3 634 079 rovnic

**Kritérium konvergence** - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

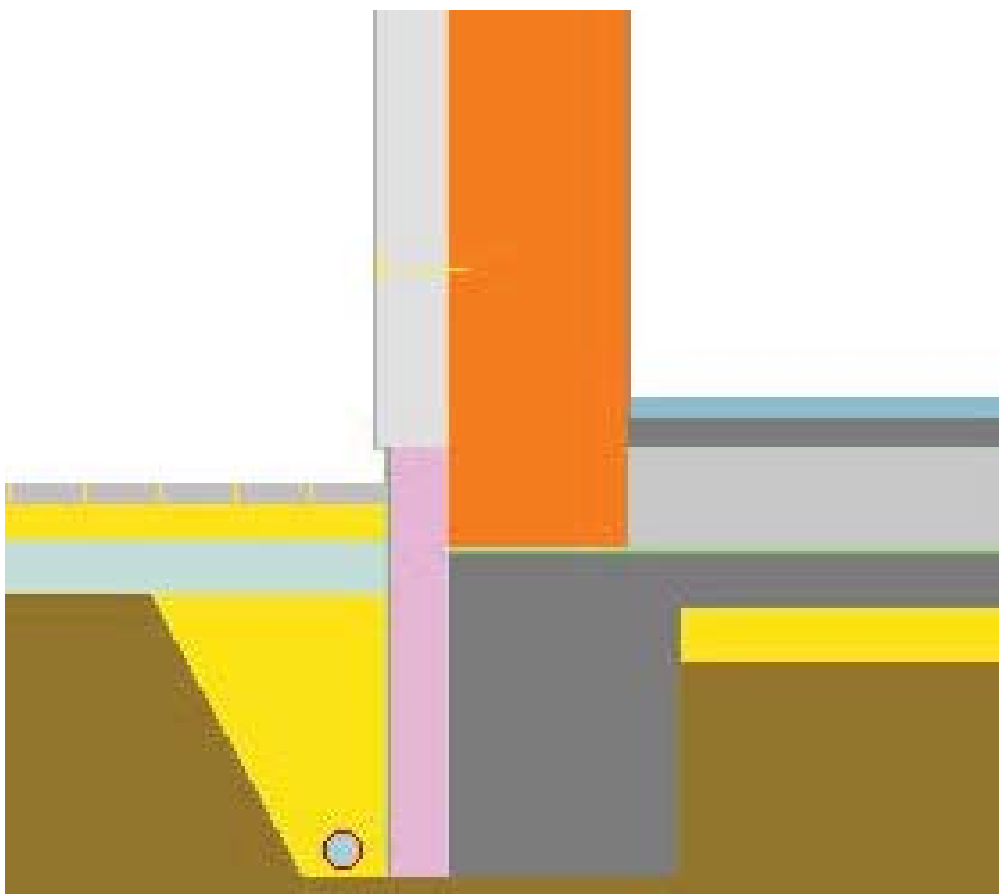
**Chyba výpočtu podle normy** - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

splněno

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr} [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max} [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min} [^{\circ}\text{C}]$
P06 - Interiér - Podlaha ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 6$ )		11,004	2,744	19,606	18,905
P07 - Interiér - Stěna ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 8$ )		3,035	2,837	19,682	19,253
P10 - Exteriér ( $t = -15^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 23$ )		-40,802	-1,911	-14,656	-14,961
P11 - Zemina ( $t = 5,0^{\circ}\text{C}$ )		26,763	1,083	5,000	5,000

#### 4. Grafický výstup:

Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



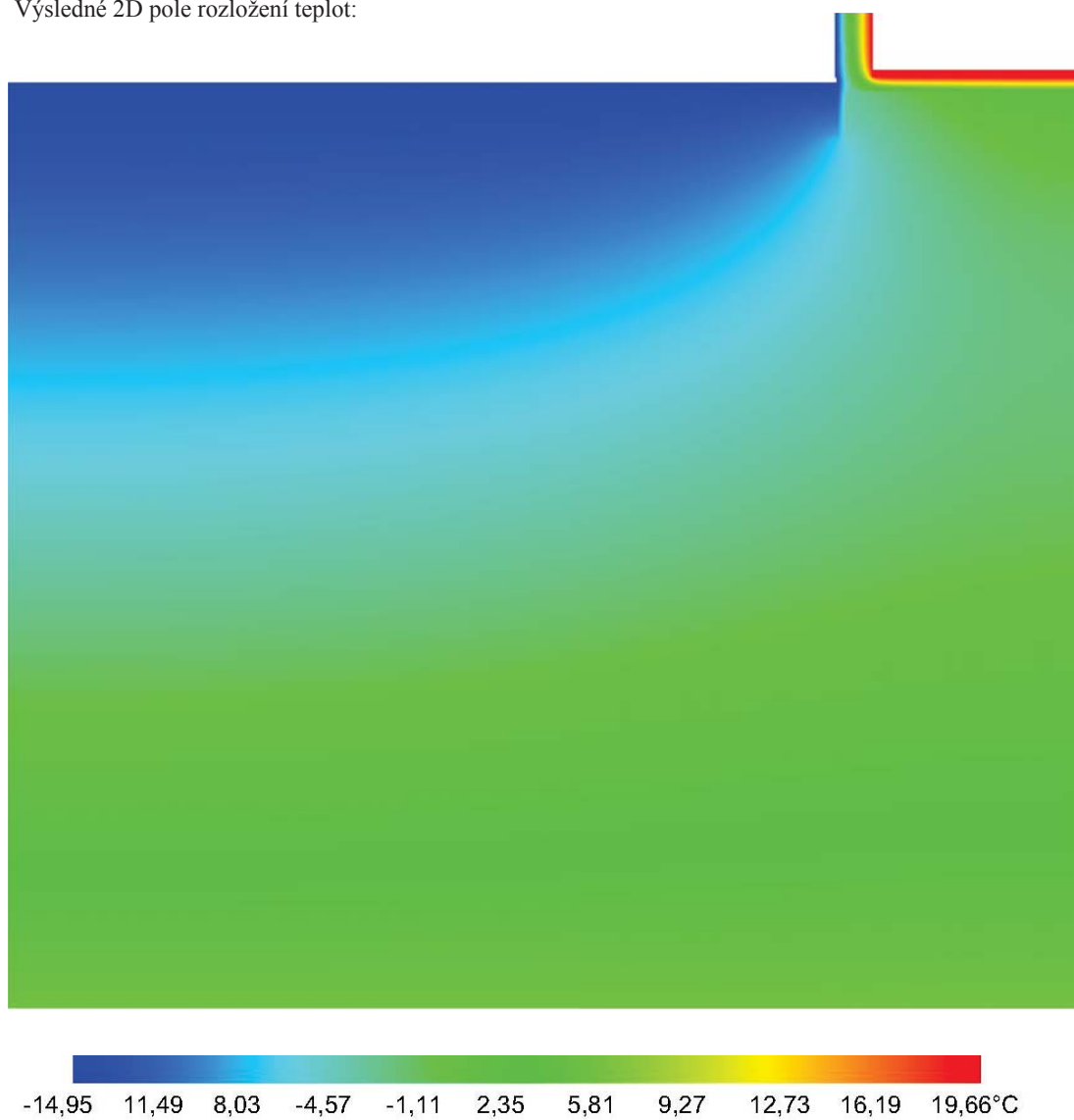
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



**Návrh pasivního domu**  
**Lineární číselník přestupu tepla - napojení vnější stěny k podlaze na zemině**

<b>2D výpočet propustnosti vnější stěny</b>		
Součinitel přestupu tepla detailu	<b>0,081</b>	W/(m²K)
Délka	<b>1 070</b>	mm
Vypočtená propustnost $L_{2D, stěna}$	<b>0,087</b>	W/(mK)
<b>2D výpočet propustnosti podlahy k zemině</b>		
Součinitel přestupu tepla detailu	<b>0,078</b>	W/(m²K)
Délka	<b>4 010</b>	mm
Vypočtená propustnost $L_{2D, podlaha}$	<b>0,314</b>	W/(mK)
<b>2D výpočet propustnosti celým detailem</b>		
Vypočtená propustnost $L_{2D, celk}$	<b>0,401</b>	W/(mK)

Průměrný součinitel přestupu tepla konstrukcí	$PrumU =$	0,081 [W/(m² K)]
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	1,070 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	18,725 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	3,035 [W/m]
Rodil tepelných toků mezi 1D a 2D řešením	$Q2I =$	- 15,690 [W/m]
Tepelná propustnost	$L2D =$	0,087 [W/(m K)]

Průměrný součinitel přestupu tepla konstrukcí	$PrumU =$	0,078 [W/(m² K)]
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	4,010 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	70,175 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	11,004 [W/m]
Rodil tepelných toků mezi 1D a 2D řešením	$Q2I =$	- 59,171 [W/m]
Tepelná propustnost	$L2D =$	0,314 [W/(m K)]

<b>Charakteristika stěny k venkovnímu prostředí</b>		
Výpočet součinitele přestupu tepla stěnou k venkovnímu prostředí je vypočten ve spodní části tohoto dokumentu	$b_w$	$U_w$
	[mm]	W/(m²K)
	<b>1 500</b>	<b>0,076</b>

<b>2D propustnost podlahy na zemině</b>		
Součinitel přestupu tepla	<b>0,079</b>	W/(m²K)
Délka okraj. podm. z interiéru $b_{g, int}$	<b>4 000</b>	mm
Vypočtená propustnost $L_{2D, g}$	<b>0,318</b>	W/(mK)
Délka okraj. podm. z exteriéru $b_{g, ext}$	<b>4 720</b>	mm

Průměrný součinitel přestupu tepla	$PrumU =$	0,079 [W/(m² K)]
Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	4,000 [m]
Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	70,000 [W/m]
Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	11,116 [W/m]
Rodil tepelných toků mezi 1D a 2D řešením	$Q2I =$	- 58,884 [W/m]
Tepelná propustnost	$L2D =$	0,318 [W/(m K)]

**Výpočet lineárního číselníku přestupu tepla celého stavebního detailu**

$$\psi = L_{2D} - U_w \cdot b_w - L_{2D, g} \cdot b_{g, ext} / b_{g, int}$$

$$\psi = \mathbf{-0,088 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}}$$

**Výpočet součinitele přestupu tepla stěnou k zemině**

Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²·K/W]	vnitřní $R_{si}$ :	<b>0,13</b>
	vnější $R_{se}$ :	<b>0,04</b>

Název materiálu	$\lambda$ [W/(m·K)]	tloušťka [m]
INTERIÉROVÝ NÁTĚR	<b>0,670</b>	<b>0,002</b>
VNITŘNÍ PODKLAD	<b>0,480</b>	<b>0,014</b>
HELUX FAMILY 2IN1	<b>0,064</b>	<b>0,500</b>
POLYST. PĚN. EPS 70F	<b>0,039</b>	<b>0,200</b>
DISPERZNÍ STĚRKA	<b>0,700</b>	<b>0,002</b>
SILIKONOVÁ OMÍTKA	<b>0,700</b>	<b>0,002</b>

**Výsledný součinitel přestupu tepla konstrukce:**  $U = \mathbf{0,076 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}}$

Geometrie detailu bez stěny



Teplotní pole detailu bez stěny



# Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

## podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

### 1. Identifikační údaje:

Název projektu: ZTUŽUJÍCÍ VĚNEC STROPU - K ZEMINĚ

Datum: 24. října 2017

### 2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	3 937 x 3 937 ks	Buněk s materiálem	2 320 280 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,003 m	Buněk s okrajovou podmínkou	7 907 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,005 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

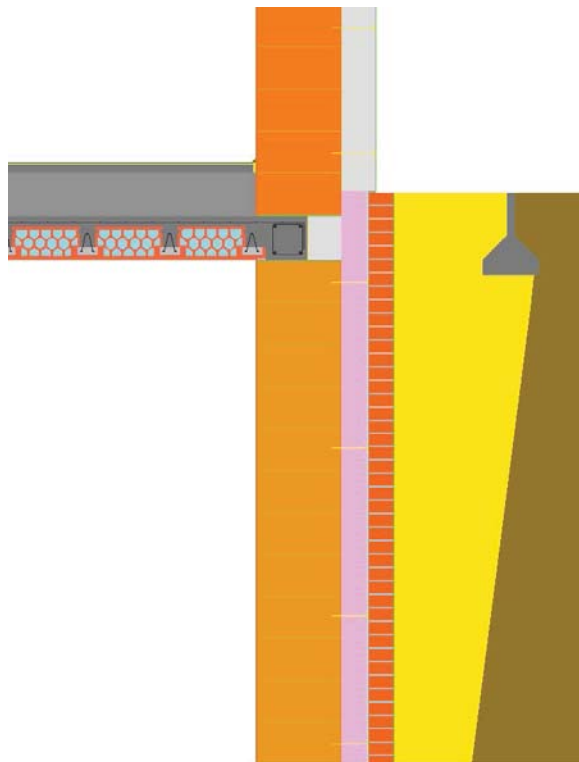
Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Tepelná vodivost $\lambda$ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita $c$ [J/(kg·K)]
M04 - CIHEL. TVAROVKA - MIAKO		660,00	0,730	1000,00
M06 - PUR PĚNA		20,00	0,030	1400,00
M08 - BETON HELUZ - STROP		2200,00	1,300	1020,00
M16 - BETON HUTNÝ		2200,00	1,200	1020,00
M18 - VZDUCH. MEZERA - MIAKO		1,20	0,500	1010,00
M20 - MALTA VÁPENOCEMENTOVÁ		1850,00	0,970	840,00
M28 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M29 - ŽELEZO STAVEBNÍ		7850,00	58,000	440,00
M35 - Cihla plná pálená (CPP)		1700,00	0,780	900,00
M36 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M39 - IZOL. PÁSEK ISOVER N/PP		23,00	0,036	1270,00
M41 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M44 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M45 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M53 - ASFALTOVÝ PÁS		1400,00	0,210	1470,00
M54 - MIRELON (2 MM)		25,00	0,046	1270,00
M56 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00
M57 - POLYST. EPS 150 ŠEDÝ (la=0,031)		23,00	0,030	1270,00
M61 - PLOVOUCÍ PODLAHA - DUB		550,00	0,270	2000,00
M70 - PUR PĚNA		20,00	0,030	1400,00
M80 - BETON HUTNÝ		2200,00	1,300	1020,00
M84 - MALTA VÁPENOCEMENTOVÁ		1850,00	0,970	840,00
M92 - CEMIX 073_VNITŘNÍ_PODKLAD		1500,00	0,480	840,00
M93 - ŽELEZO STAVEBNÍ		7850,00	58,000	440,00
M94 - ZHUTNĚNÝ PÍSEK		1750,00	0,950	960,00
M95 - HELUZ 50 BROUŠENÁ		640,00	0,081	1000,00
M97 - ROSTLÁ PŮDA S PŘIROZ. VLHK.		1800,00	1,400	920,00
M100 - SILIKONOVÁ OMÍTKA		1800,00	0,700	800,00
M105 - CEMIX - INTER. NÁTĚR - 2 MM		1700,00	0,670	790,00
M106 - FASÁDNÍ HMOŽDINKA ETICS		920,00	0,230	1470,00
M108 - HELUZ FAMILY 2IN1 - TL. 500 MM		650,00	0,058	1000,00
M109 - POLYST. PĚN. EPS 70F (la=0,039)		14,00	0,039	1270,00
M110 - POLYSTYREN_XPS (la=0,035)		30,00	0,035	2060,00
M117 - ASFALTOVÝ PÁS		1400,00	0,210	1470,00
M120 - DISPERZNÍ STĚRKA		1400,00	0,700	800,00



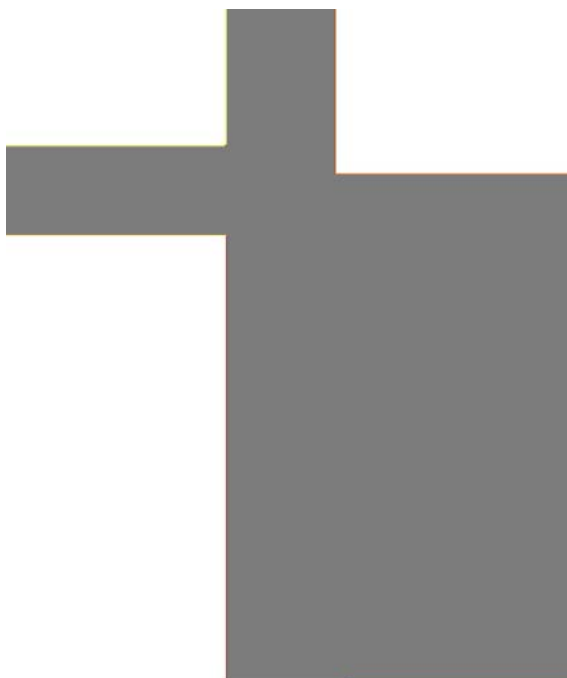


#### 4. Grafický výstup:

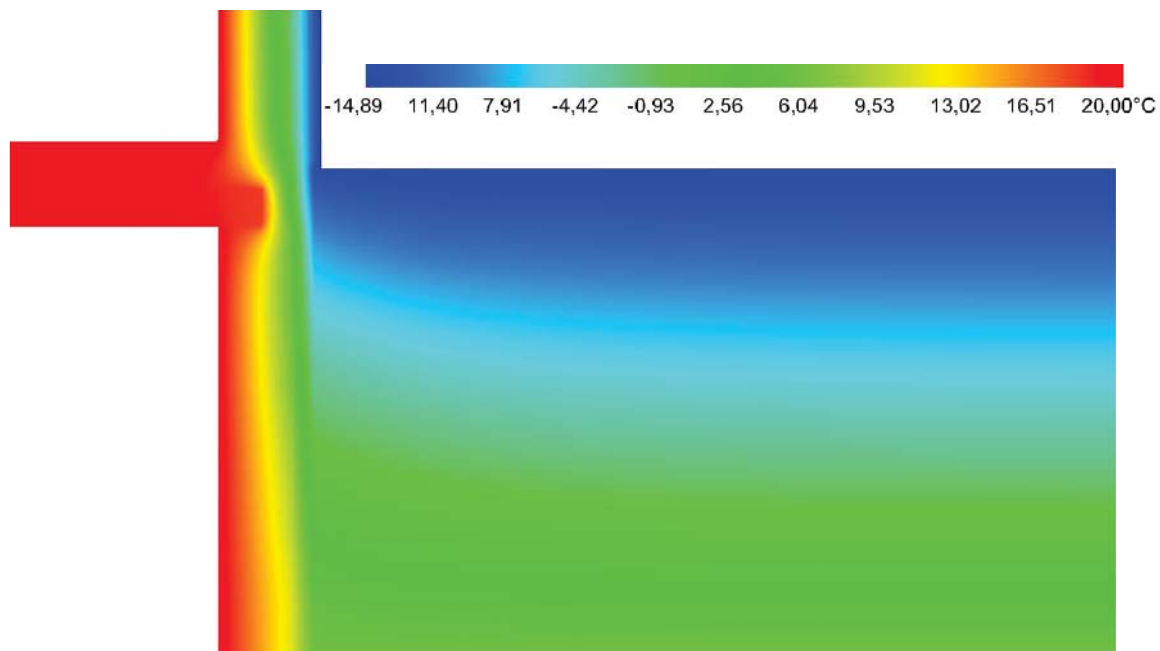
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



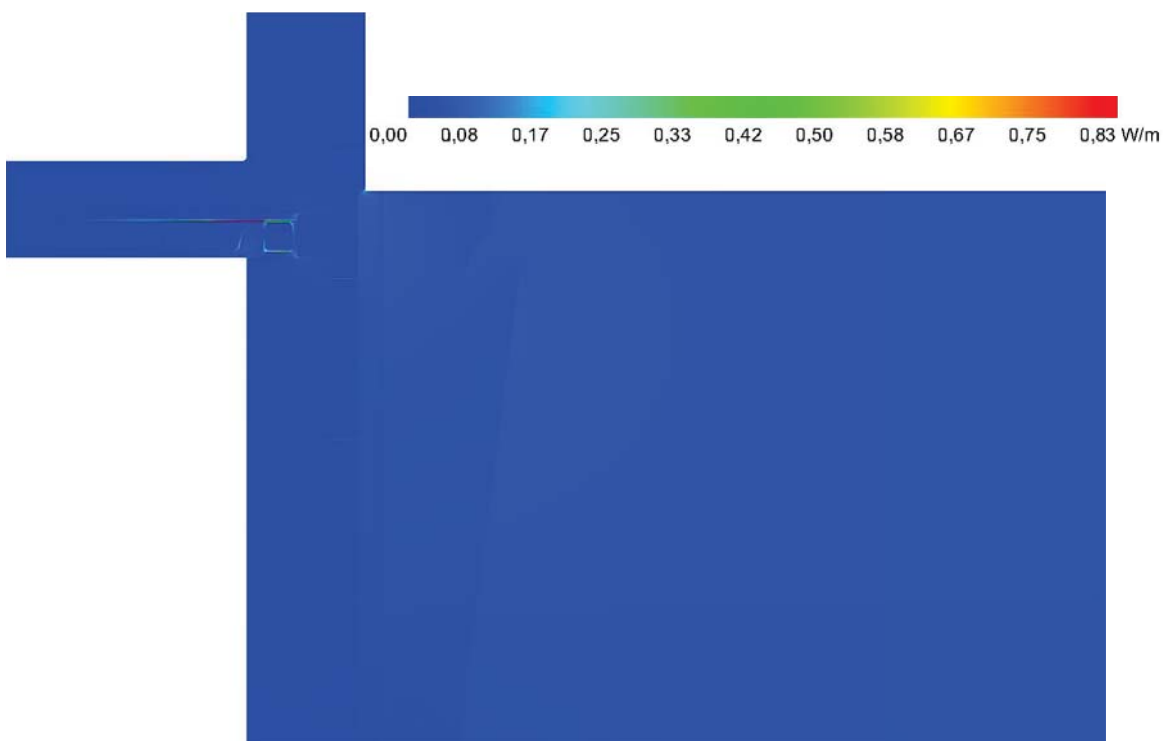
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků:



## Návrh pasivního domu

### Lineární číselník prostupu tepla - ztužující věnec stropu přilehlý k zemině

<b>2D výpočet propustnosti stěnou k zemině</b>			Průměrný součinitel prostupu tepla	$PrumU =$	0,055 [W/(m²·K)]
Součinitel prostupu tepla detailem	0,055	W/(m²·K)	Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	2,995 [m]
Délka	2 995	mm	Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	52,412 [W/m]
Vypočtená propustnost $L_{2D, stěna}$ k zemině	0,163	W/(m·K)	Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	5,713 [W/m]
			Rodí tepelných toků mezi 1D a 2D	$Q21 =$	- 46,699 [W/m]
			Tepelná propustnost	$L2D =$	0,163 [W/(m·K)]
<b>2D výpočet propustnosti stěnou k venk. prostředí</b>			Průměrný součinitel prostupu tepla	$PrumU =$	0,071 [W/(m²·K)]
Součinitel prostupu tepla detailem	0,071	W/(m²·K)	Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	0,915 [m]
Délka	915	mm	Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	16,012 [W/m]
Vypočtená propustnost $L_{2D, stěna}$	0,065	W/(m·K)	Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	2,289 [W/m]
			Rodí tepelných toků mezi 1D a 2D	$Q21 =$	- 13,724 [W/m]
			Tepelná propustnost	$L2D =$	0,065 [W/(m·K)]
<b>2D výpočet propustnosti podlahou</b>			Průměrný součinitel prostupu tepla	$PrumU =$	0,006 [W/(m²·K)]
Součinitel prostupu tepla detailem	0,006	W/(m²·K)	Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	1,505 [m]
Délka	1 505	mm	Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	26,337 [W/m]
Vypočtená propustnost $L_{2D, podlaha}$	0,010	W/(m·K)	Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	0,335 [W/m]
			Rodí tepelných toků mezi 1D a 2D	$Q21 =$	- 26,002 [W/m]
			Tepelná propustnost	$L2D =$	0,010 [W/(m·K)]
<b>2D výpočet propustnosti stropem</b>			Průměrný součinitel prostupu tepla	$PrumU =$	0,039 [W/(m²·K)]
Součinitel prostupu tepla detailem	0,039	W/(m²·K)	Délka vložené okrajové podmínky	$l =$	1,490 [m]
Délka	1 490	mm	Tepelný tok vypočítaný 1D řešením	$Q1D =$	26,075 [W/m]
Vypočtená propustnost $L_{2D, stropem}$	0,057	W/(m·K)	Tepelný tok vypočítaný 2D řešením	$Q2D =$	2,008 [W/m]
			Rodí tepelných toků mezi 1D a 2D	$Q21 =$	- 24,067 [W/m]
			Tepelná propustnost	$L2D =$	0,057 [W/(m·K)]
<b>2D výpočet propustnosti celým detailem</b>					
Vypočtená propustnost $L_{2D, celk}$	0,296	W/(m·K)			

Charakteristika stěny k zemině		
Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k zemině je vypočten ve spodní části tohoto dokumentu	$b_{w1}$	$U_{w1}$
	[mm]	W/(m²·K)
	2 995	0,091

Charakteristika stěny k venkov. prostředí		
Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k venkovnímu prostředí je vypočten ve spodní části tohoto dokumentu	$b_{w2}$	$U_{w2}$
	[mm]	W/(m²·K)
	915	0,076

### Výpočet lineárního číselníku prostupu tepla celého stavebního detailu

$$\psi = L_{2D, celk} - U_{w1} \cdot b_{w1} - U_{w2} \cdot b_{w2}$$

$$\psi = -0,047 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

### Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k zemině

Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²·K/W]	vnitřní $R_{si}$ :	0,13
	vnější $R_{se}$ :	0

Název materiálu	$\lambda$ [W/(m·K)]	tloušťka [m]
VÁPENOCEMENTOVÁ OMÍTKA	0,990	0,015
HELUZ FAMILY 50 BROUŠENÁ	0,081	0,500
TEPELNÁ IZOLACE Z XPS	0,035	0,160
DISPERZNÍ STÉRKA	0,700	0,002
ASFALTOVÝ PÁS	0,210	0,005

Výsledný součinitel prostupu tepla konstrukce:

$$U = 0,091 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

### Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k venkovnímu prostředí

Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

vnitřní  $R_{\text{si}}$  :

0,13

vnější  $R_{\text{se}}$  :

0,04

Název materiálu				$\lambda$ [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]	tloušťka [m]
INTERIÉROVÝ NÁTĚR				0,670	0,002
VNITŘNÍ PODKLAD				0,480	0,014
HELUZ FAMILY 2IN1				0,064	0,500
POLYST. PĚN. EPS 70F				0,039	0,200
DISPERZNÍ STĚRKA				0,700	0,002
SILIKONOVÁ OMÍTKA				0,700	0,002

Výsledný součinitel prostupu tepla konstrukce:

$U = 0,076 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

## DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLIT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 10211 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

**Area 2017**

Název úlohy : **Práh dveří**

Zpracovatel : Císař Milan

Zakázka : Diplomová práce

Datum : 18.11.2017

### KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

**Parametry pro výpočet teplotního faktoru:**

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 20.0 C

**Parametry charakterizující rozsah úlohy:**

Počet svislých os: 133

Počet vodorovných os: 200

Počet prvků: 52536

Počet uzlových bodů: 26600

**Zadané materiály :**

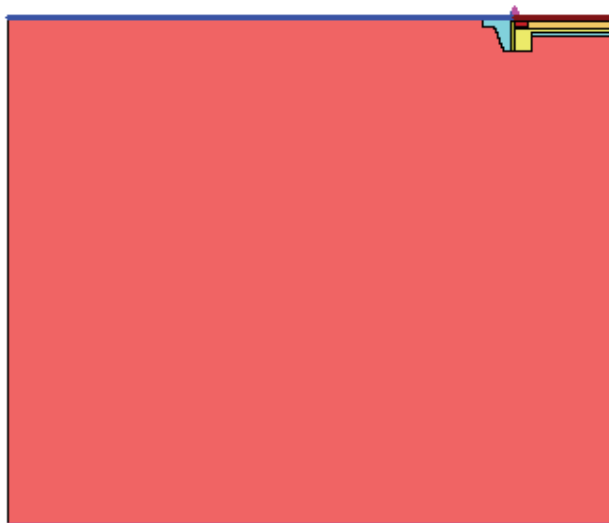
č.	Název	LambdaX	LambdaY	X1	X2	Y1	Y2
1	Rostlá půda s přirozenou vlhkostí	1.400	1.400	111	133	1	116
2	Zhutněný písek	0.950	0.950	90	132	50	104
3	Beton hutný	1.300	1.300	91	132	104	116
4	Tepelná izolace z XPS	0.035	0.035	41	111	4	83
5	Rám dveří 1	0.110	0.110	8	88	171	185
6	Rám dveří 2	0.100	0.100	70	85	151	162
7	Vzduchová mezera výplní	0.160	0.160	42	62	145	151
8	Osazovací rám	0.053	0.053	24	34	121	131
9	Argonová výplň	0.030	0.030	55	68	184	200
10	Sklo stavební	0.760	0.760	52	55	184	200
11	Distanční rámeční Swisspacer	0.160	0.160	56	69	187	191
12	Izolační pásek	0.036	0.036	12	25	69	112
13	PUR pěna	0.030	0.030	24	40	70	80
14	Heluz family 2in1	0.058	0.058	6	40	49	70
15	Kompozitní uhlíční	15.0	15.0	39	50	54	83
16	Pružný tmel	0.050	0.050	11	23	111	116
17	Anhydrit	1.200	1.200	1	12	103	116
18	Malta vápenocementová	0.970	0.970	6	40	47	49
19	Polystyren pěnový EPS 100S	0.037	0.037	1	6	47	70
20	Asfaltový pás	0.210	0.210	2	40	42	47

Poznámka: LambdaX a LambdaY jsou návrhové hodnoty tepelné vodivosti materiálu ve směru osy X a Y ve W/(m.K);  
Mix a MiY jsou návrhové faktory difúzního odporu materiálu ve směru osy X a Y; X1 a X2 jsou čísla os  
ve směru osy X a Y1 a Y2 jsou čísla os ve směru osy Y vymezující zadanou oblast.

Geometrie detailu  
a zadané podmínky:

Počet vertik. os: 133  
Počet horizont. os: 200  
Počet prvků: 52536

Teplota	Odpor Rs
≤ 0	≤ 0,05
≤ 0	> 0,05
> 0	≤ 0,16
> 0	0,17-0,24
> 0	≥ 0,25



Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	RH [%]	P [kPa]	h,p [s/m]
1	1	26401	5.00	0.00	99.0	0.86	10.00
2	14999	15000	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
3	5596	5600	20.00	0.13	50.0	1.17	10.00
4	116	2116	20.00	0.17	50.0	1.17	10.00

Poznámka: Rs je odpor při přestupu tepla na příslušném povrchu, RH je relativní vlhkost v prostředí působícím na příslušný povrch, P je částečný tlak vodní páry v prostředí působícím na daný povrch a h,p je součinitel přestupu vodní páry na příslušném povrchu.

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]
1	5.0	0.00	99	5.00	31.82791
2	-15.0	0.04	84	-14.94	-48.94447
3	20.0	0.13	50	11.94	12.74963
4	20.0	0.17	50	16.98	4.37693

Vysvětlivky:

T zadaná teplota v daném prostředí [C]  
Rs zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]  
R.H. zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)

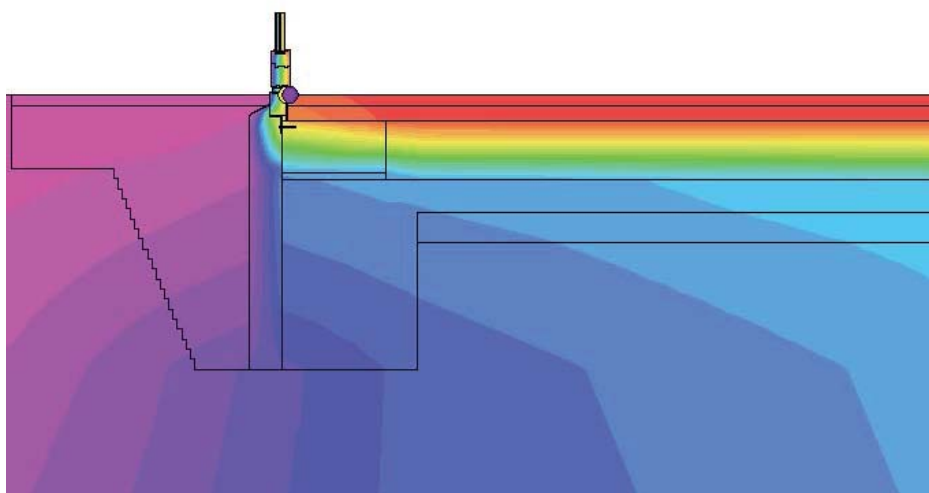
NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	4.86	5.00	1.000	ne	---	---
2	-16.87	-14.94	???	ne	---	---
3	9.26	11.94	0.770	ne	---	---
4	9.26	16.98	0.914	ne	---	---

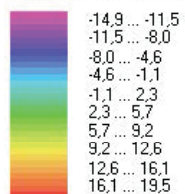
**Vysvětlivky:**

$T_w$	teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C
$T_{s,min}$	minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
$f_{Rsi}$	teplotní faktor dle ČSN 730540, EN ISO 10211 a EN ISO 13788 [-]
	[rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní ( 20.0 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota $T_e = -15.0$ C]
KOND.	označuje vznik povrchové kondenzace
RH,max	maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]
$T_{min}$	minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

**Poznámka:** Zde uvedené vyhodnocení rizika povrchové kondenzace neodpovídá hodnocení podle ČSN 730540-2. Program pouze porovnává teplotu povrchu s teplotou rosného bodu v okolním prostředí.



**Teplotní pole [C]:**



- $T_{si}=5,00$  C;  $f_{Rsi}=1,000$
- $T_{si}=-14,94$  C;  $f_{Rsi}=---$
- $T_{si}=12,69$  C;  $f_{Rsi}=0,791$
- $T_{si}=17,57$  C;  $f_{Rsi}=0,931$

**ODHAD CHYBY VÝPOČTU:**

Součet tepelných toků: 0.0100 W/m  
 Součet abs.hodnot tep.toků: 97.898 W/m  
 Podíl: 0.000102  
 Podíl je menší než 0.001 - požadavek EN ISO 10211 je splněn.

Area 2017, (c) 2017 Svoboda Software



## Návrh pasivního domu Lineární činitel prostupu tepla - práh dveří

2D výpočet propustnosti celým detailem	
Tepelný tok okrajovou podmínkou	-48,944 W/m
Rozdíl teplot $\Delta t$	35 °C
Vypočtená propustnost $L_{2D,1}$	1,398 W/(mK)

Charakteristika stěny		
Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou je vypočten ve spodní části tohoto dokumentu	$b_w$	$U_w$
	[mm]	W/(m²K)
	250	0,081

2D propustnost podlahy na zemině	
Tepelný tok okrajovou podmínkou	-30,685 W/m
Délka okraj. podm. z interiéru $b_{g,int}$	4 000 mm
Vypočtená propustnost $L_{2D,g}$	0,877 W/(mK)
Délka okraj. podm. z exteriéru $b_{g,ext}$	4 660 mm

2D výpočet propustnosti dveřmi	
Tepelný tok okrajovou podmínkou	-14,598 W/m
Rozdíl teplot $\Delta t$	35 °C
Vypočtená propustnost $L_{2D,dveře}$	0,417 W/(mK)

### Výpočet lineárního činitele prostupu tepla celého stavebního detailu

$$\psi = L_{2D,celk} - U_w \cdot b_w - L_{2D,g} \cdot b_{g,ext} / b_{g,int} - L_{2D,dveře}$$

$$\psi = -0,060 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

### Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k zemině

Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m²·K/W]	vnitřní $R_{si}$ :	0
	vnější $R_{se}$ :	0

Název materiálu		$\lambda$ [W/(m·K)]	tloušťka [m]
HELUZ FAMILY 2IN1		0,064	0,500
TEPELNÁ IZOLACE Z XPS		0,035	0,160

Výsledný součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,081 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :					
NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:					
Prostředí	T [°C]	Rs [m²K/W]	R.H. [%]	Ts,min [°C]	Tep.tok Q [W/m]
1	5.0	0.00	99	5.00	31.82791
2	-15.0	0.04	84	-14.94	-48.94447
3	20.0	0.13	50	11.94	12.74963
4	20.0	0.17	50	16.98	3.85495

Vysvětlivky:  
T: zadaná teplota v daném prostředí [°C]  
Rs: zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m²K/W]  
R.H.: zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts,min: minimální povrchová teplota v daném prostředí [°C]  
Tep.tok Q: hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vztahována na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)  
Propust. L: tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]  
( lze určit jen pro maximálně 2 prostředí, pro určení charakteristické výšky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :					
NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:					
Prostředí	T [°C]	Rs [m²K/W]	R.H. [%]	Ts,min [°C]	Tep.tok Q [W/m]
1	5.0	0.00	99	5.00	32.42954
2	20.0	0.17	50	17.94	1.63706
3	-15.0	0.04	84	-14.95	-30.68502

Vysvětlivky:  
T: zadaná teplota v daném prostředí [°C]  
Rs: zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m²K/W]  
R.H.: zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts,min: minimální povrchová teplota v daném prostředí [°C]  
Tep.tok Q: hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vztahována na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)  
Propust. L: tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]  
( lze určit jen pro maximálně 2 prostředí, pro určení charakteristické výšky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :						
NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:						
Prostředí	T [°C]	Rs [m²K/W]	R.H. [%]	Ts,min [°C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	-15,0	0,04	84	-14,83	-14,59826	0,41709
2	20,0	0,13	50	14,38	14,59220	0,41692

prostředí 1

zadaná teplota v daném prostředí [°C]  
zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m²K/W]  
zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
nejnižší povrchová teplota při daném prostředí [°C]  
hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
tepelná vodivost na 1m od povrchu konstrukce, počítané zhruba je kvadrát a zisk je ziskový

prostředí 2

zadaná teplota v daném prostředí [°C]  
zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m²K/W]  
zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
nejnižší povrchová teplota při daném prostředí [°C]  
hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
tepelná vodivost na 1m od povrchu konstrukce, počítané zhruba je kvadrát a zisk je ziskový

prostředí 3

zadaná teplota v daném prostředí [°C]  
zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m²K/W]  
zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
nejnižší povrchová teplota při daném prostředí [°C]  
hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
tepelná vodivost na 1m od povrchu konstrukce, počítané zhruba je kvadrát a zisk je ziskový

Vysvětlivky:  
T: zadaná teplota v daném prostředí [°C]  
Rs: zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m²K/W]  
R.H.: zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts,min: minimální povrchová teplota v daném prostředí [°C]  
Tep.tok Q: hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]  
(hodnota je vztahována na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)  
Propust. L: tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]  
( lze určit jen pro maximálně 2 prostředí, pro určení charakteristické výšky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

## TROJROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A PARCIÁLNÍCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 10211 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Cube3D 2017

Název úlohy : 21. Roh zdíva k zemině

Varianta: Výpočet k zjištění tepelných toků

Zpracovatel : Milan Císař

Zakázka : Diplomová práce

Datum : 28.10.2017

### KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: 0.0 C  
Teplota vzduchu v interiéru: 1.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet os kolmých na osu X: 10  
Počet os kolmých na osu Y: 11  
Počet os kolmých na osu Z: 2  
Počet prvků: 90  
Počet uzlových bodů: 220

Souřadnice os sítě - osa x (m) :

0.0000 0.7425 1.4850 1.5000 2.0000 2.1600 2.3100 7.2325 12.1550 22.0000

Souřadnice os sítě - osa y (m) :

0.0000 9.8450 14.7675 19.6900 19.8400 20.0000 20.5000 20.5150 21.2575 22.0000  
22.5000

Souřadnice os sítě - osa z (m) :

0.0000 20.0000

Zadané materiály :

Číslo	Název	Lambda [W/mK]	Faktor Mi [-]
1	Rostlá půda s přirozenou vlhkostí	1.400	2.00
2	Heluz 50 Broušená	0.081	10
3	Rostlá půda s přirozenou vlhkostí	1.400	2.00
4	Heluz 50 Broušená	0.081	10
5	Cemix 073_vnitřní podklad	0.480	15
6	Cemix 073_vnitřní podklad	0.480	15
7	Polystyren XPS (la= 0,035)	0.035	70
8	Polystyren XPS (la= 0,035)	0.035	70
9	Cihla plná pálená (CPP)	0.780	8.50
10	Cihla plná pálená (CPP)	0.780	8.50

Poznámka: Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti materiálu ve směru osy X, Y a Z ve W/(m.K); Mi je návrhový faktor difúzního odporu materiálu ve směru osy X, Y a Z.

Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

Číslo	1. uzel	2. uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	RH [%]	h,p [10^9 s/m]
1	71	183	1.00	0.13	55.0	10.00
3	1	40	0.00	0.00	99.0	20.00
5	111	150	0.00	0.04	84.0	20.00

Poznámka: Rs je odpor při přestupu tepla na příslušném povrchu, RH je relativní vlhkost vzduchu v prostředí působícím na daný povrch a h,p je součinitel přestupu vodní páry na příslušném povrchu.

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU

### NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]		Ts,min [C]	Tep.tok Q [W]	Propust. L [W/K]
1	1.0	0.13	55	0.98	7.19256	7.19256
2	0.0	0.00	99	-0.00	-3.61358	3.61358
3	0.0	0.04	84	-0.00	-3.57898	3.57898

Vysvětlivky:

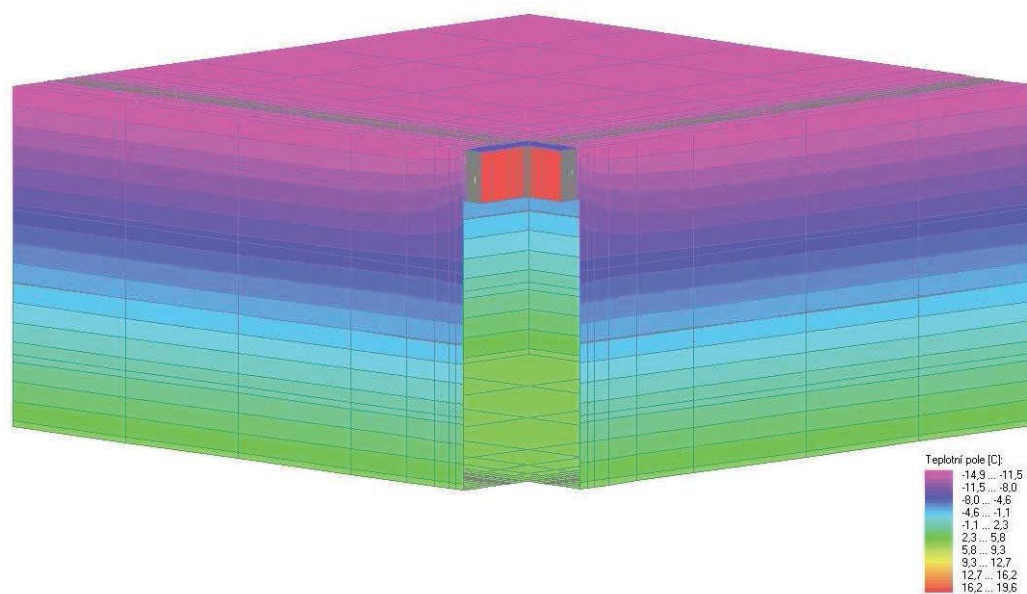
T: zadaná teplota v daném prostředí [C]  
Rs: zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]  
R.H.: zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]  
Ts,min: minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]  
Tep.tok Q: hustota tepelného toku z daného prostředí [W]  
(hodnota je vztažena na celý 3D tepelný most, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný) tepelná  
Propust. L: propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/K]  
(lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný  
součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L plochou hodnoceného výseku konstrukce)

### ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků: -0.0000 W/m  
Součet abs.hodnot tep.toků: 14.3851 W/m  
Podíl: -0.0000  
Podíl je menší než 0.001 - požadavek EN ISO 10211 je splněn.

Cube3D 2017, (c) 2017 Svoboda Software

### VÝSLEDNÉ 3D POLE ROZLOŽENÍ TEPLOT:



**Návrh pasivního domu**  
**Lineární činitel prostupu tepla - roh zdiva k zemině**

<b>3D výpočet propustnosti stěnou k zemině</b>	
Vypočtená propustnost $L_{3D}$	7,193 W/K
<b>2D výpočet propustnosti stěnou k zemině</b>	
Délka	20 m
Vypočtená propustnost $L_{2D}$	0,360 W/(mK)

NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU						
Prostředí T [°C]	R <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	R <sub>H</sub> [%]	T <sub>skin</sub> [°C]	Teplota Q [W]	Propust. L [W/K]	
1	1,0	0,13	55	0,98	7,19256	7,19256
2	0,0	0,00	99	-0,00	-3,61358	3,61358
3	0,0	0,04	84	-0,00	-3,57898	3,57898

<b>Charakteristika stěny k zemině</b>	
Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k zemině je vypočten ve spodní části tohoto dokumentu	$b_w$
	[mm]
	4 620
	$U_w$
	W/(m <sup>2</sup> K)
	0,091

**Výpočet lineárního činitele prostupu tepla celého stavebního detailu**

$$\psi = L_{2D} \cdot U_w \cdot b_w$$

$$\psi = -0,062 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

**Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k zemině**

Odpor při přestupu tepla na straně konstrukce [m <sup>2</sup> ·K/W]	vnitřní R <sub>si</sub> :	0,13
	vnější R <sub>se</sub> :	0

Název materiálu	$\lambda$ [W/(m·K)]	tloušťka [m]
VÁPENOCEMENTOVÁ OMÍTKA	0,990	0,015
HELUZ FAMILY 50 BROUŠENÁ	0,081	0,500
TEPELNÁ IZOLACE Z XPS	0,035	0,160
DISPERZNÍ STĚRKA	0,700	0,002
ASFALTOVÝ PÁS	0,210	0,005

Výsledný součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,091 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$